

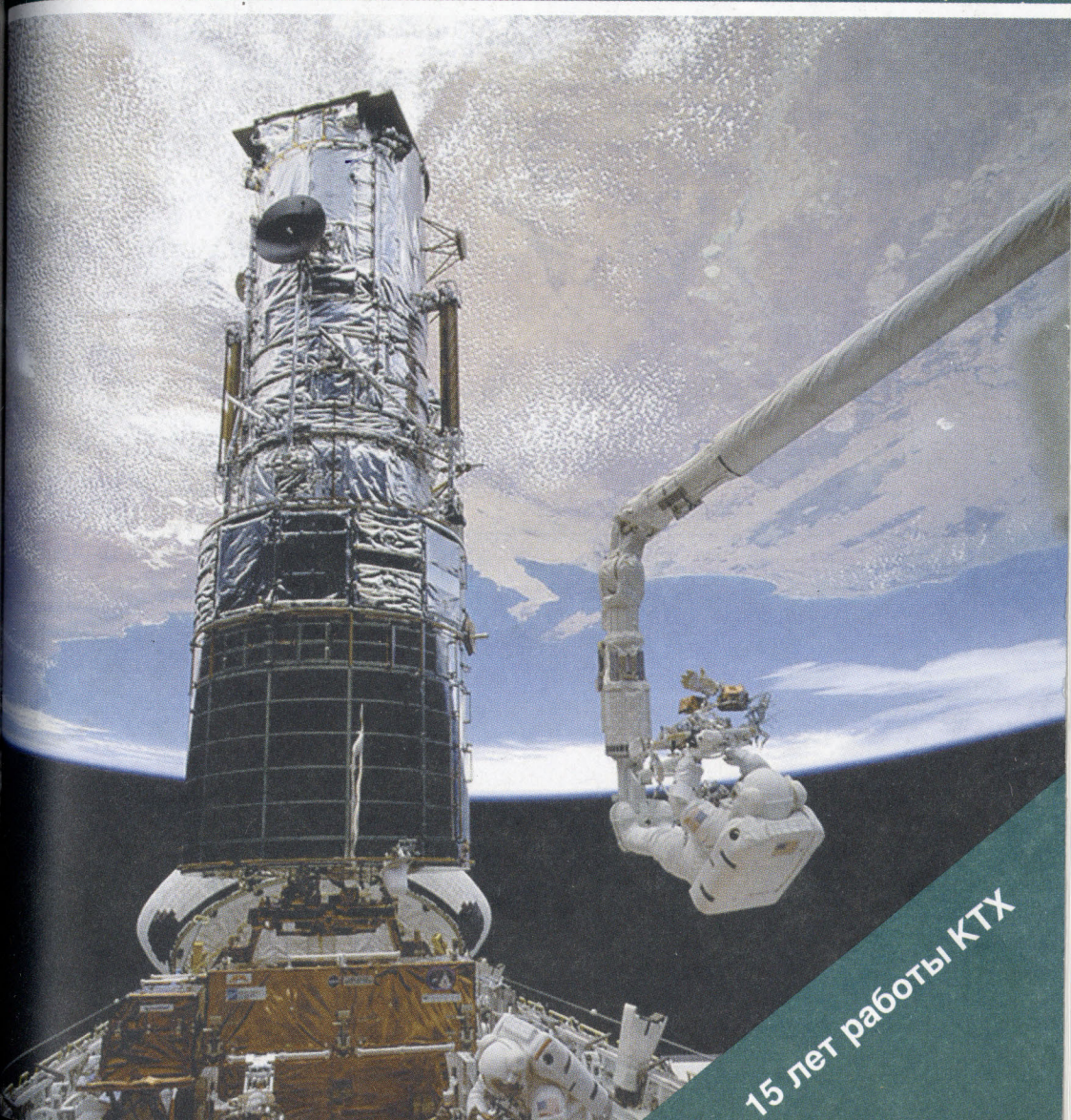
ISSN 0044-3948

ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

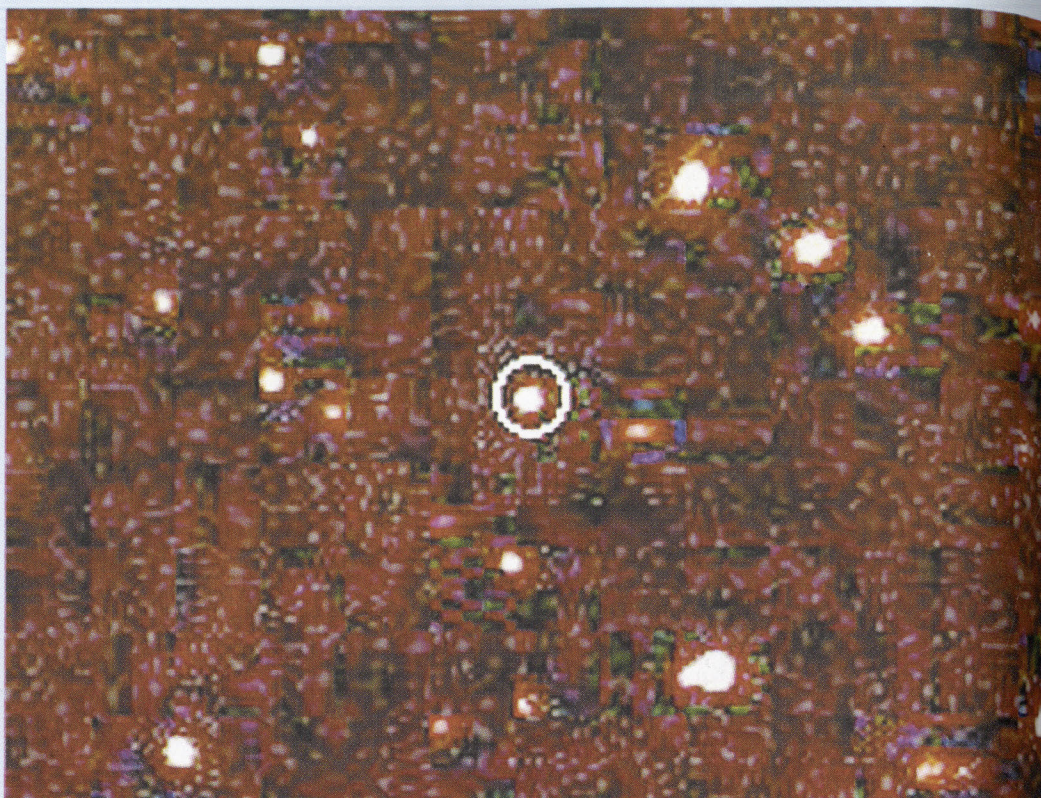
КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА

НОЯБРЬ—ДЕКАБРЬ

6/2005



15 лет работы КТХ



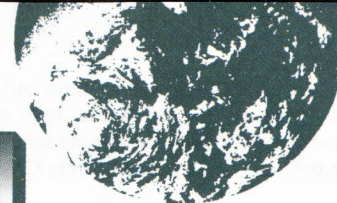
Одна из первых фотографий объекта 2003 UB313 – десятой планеты Солнечной системы (Земля и Вселенная, 2005, № 5). Снимок получен М. Брауном и Ч. Трухильо на Паломарской обсерватории (Калифорния) с помощью автоматического 1.2-м телескопа Самуэля Осчина.

Научно-популярный журнал
Российской академии наук
Издается под руководством
Президиума РАН
Выходит с января 1965 года
1 раз в год
Академиздатцентр
"Наука"
Москва

Новости науки и другая информация: Солнце в июне–июле 2005 г. [26]; Цифровое инфракрасное изображение Солнца [28]; Европейскому космическому агентству – 30 лет [37]; Первый двойной астероид [45]; Астрономический форум в Москве [46]; Планетоид или планета? [48]; Новый старт к Марсу [56]; "Голос" подводного землетрясения [76]; Драган "Катрина" [77]; "Рита" – тайфун высшей категории [77]; Самое сильное землетрясение за 100 лет [78]; Рекордно теплая зима в Москве [78]; Август-2005: наводнения в Европе [79]; Взрыв на комете увидели с Земли [101]; Полет КА "Фотон-M2" [102]; На орбите "Astro-E2" [103]; Возобновление полетов кораблей "Спейс Шаттл" [104]; Повышение уровня Мирового океана [106]; Новая находка в Сахаре [106]; Станный лесоповал [106].

Земля и Вселенная

6/2005



В номере:

- 3 ГАЛИМОВ Э.М. Происхождение Луны. Российская концепция против американской
- 15 КУРТ В.Г. Космический телескоп им. Э. Хаббла – 15 лет работы
- 29 РЯБЧИКОВА Т.А., САЧКОВ М.Е., КОЧУХОВ О.П. Астро-сейсмология
- 38 ПОПОВ С.Б. Гигантские гамма-всплески и магнитары

ЛЮДИ НАУКИ

- 47 Памяти Владимира Петровича Сенкевича

ИСТОРИЯ НАУКИ

- 49 ЧЕРНИН А.Д. Всемирный год физики: триумф Эйнштейна
- 57 ПЕЦ Л.А., СИМОНОВ А.И., ХРАБРОВ В.А. Как создавали первые ЭРД

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- 61 ЛЕВИТАН Е.П. Элективный курс по астрофизике "Физика Вселенной" (для школ физико-математического профиля)

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- 66 Небесный календарь: январь – февраль 2006 г.

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- 74 СТАРОВОЙТ О.Е., ЧЕПКУНАС Л.С., ГАБСАТАРОВА И.П. От Суматры – до Северной Земли

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- 80 САЖИН М.В., ХОВАНСКАЯ О.С. Вселенная и теория суперструн
- 85 ТИШКОВ А.А. Основы устойчивости жизни

ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- 88 Внесолнечные планетные системы (окончание)
- 91 Таблица запусков космических аппаратов в 2004 г.

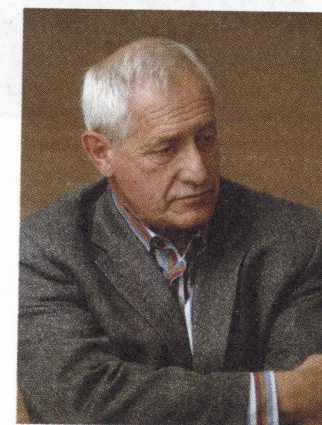
- 107 Указатель статей и заметок, опубликованных в журнале "Земля и Вселенная" в юбилейном (2005) году.



© Российская академия наук
© Редколлегия журнала
"Земля и Вселенная" (составитель), 2005 г.

Происхождение Луны. Российская концепция против американской

Э. М. ГАЛИМОВ,
академик
ГЕОХИ РАН



нами американских ученых, удачно объясняла дефицит железа на Луне и динамические характеристики системы Земля-Луна. Однако в дальнейшем она встретила с трудностями в объяснении некоторых факторов, которые обсуждаются в данной статье. В последние годы российские ученые выдвинули и обосновали новую концепцию образования Земли и Луны – в результате фрагментации пылевого сгущения.

несколько слов из истории проблемы

Из планет внутренней части Солнечной системы, которые включают Меркурий, Венеру, Землю и Марс, только Земля имеет массивный спутник – Луну. Спутники есть также у Марса – Фобос и Деймос, но это небольшие тела неправильной формы. Больший из них, Фобос, в мак-

симальном измерении всего 20 км, в то время как диаметр Луны – 3560 км. Луна и Земля обладают разной плотностью. Это вызвано не только тем, что Земля имеет большие размеры и, следовательно, ее недра находятся под большим давлением. Средняя плотность Земли, приведенная к нормальному давлению (1 атм) – 4.45 г/см³, плотность Луны – 3.3 г/см³. Различие обусловлено тем, что Земля содержит массивное железоникелевое ядро (с примесью легких элементов), в котором сосредоточено 32% массы Земли. Размер ядра Луны остается невыясненным. Но с учетом низкой плотности Луны и ограничения, налагаемого величиной момента инерции (0.3931), Луна не может содержать ядро,

In This Issue:

- 3 GALIMOV E.M. Origin of the Moon. Russian Conception
- 15 KURT V.G. Hubble Space Telescope – 15 Years of the Work
- 29 RYABCHIKOVA T.A., SACHKOV M.E., KOCHUKHOV O.P. Astroseismology
- 38 POPOV S.B. Gigantic Gamma-bursts and the Magnetars

PEOPLE OF SCIENCE

- 47 To the Memory of Vladimir Petrovich Senkevitch

HISTORY OF SCIENCE

- 49 CHERNIN A.D. World Year of Physics: Triumph of Einstein
- 57 PETZ L.A., SIMONOV A.I., HRABROV V.A. Premier Electric Rocket Engines

ASTRONOMICAL ADUCATION

- 61 LEVITAN E.P. Electiv Course on Astrophysics "Physics of the Universe" (for physic and mathematic schools)

AMATEUR ASTRONOMY

- 66 Celestial Calendar: January – February 2006

SEISMIC CHRONICLE OF THE EARTH

- 74 STAROVOJT O.E., CHEPKUNAS L.S., GABSATAROVA I.P. From Sumatra – to Severnaya Zemlya

BOOKS ABOUT EARTH AND SKY

- 80 SAZHIN M.V., HOVANSKAYA O.S. The Universe and Theory of Superstrings
- 85 Tishkov A.A. Stability of Life on Earth

DOSSIET OF THE CURIOUS

- 88 Planetary Sistems outside Solar System (continued)
- 91 Table of Launches of Spacecraft in 2004

- 107 Index of Articles and News Published in "Earth and Universe" in 2005

Редакционная коллегия

Главный редактор член-корреспондент РАН В.К. АБАЛАКИН
Зам. главного редактора академик В.М. КОТЛЯКОВ
Зам. главного редактора доктор педагогических наук Е.П. ЛЕВИТАН
доктор физ.-мат. наук А.А. ГУРШТЕЙН,
член-корр. РАН Л.М. ЗЕЛЕНЬКИЙ,
доктор филос. наук В.В. КАЗЮТИНСКИЙ,
доктор физ.-мат. наук Л.И. МАТВЕЕНКО,
член-корр. РАН И.И. МОХОВ, член-корр. РАН А.В. НИКОЛАЕВ,
член-корр. РАН И.Д. НОВИКОВ, доктор техн. наук Г.А. ПОЛТАВЕЦ,
доктор геол.-мин. наук Г.И. РЕЙСНЕР,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. РЯБОВ,
доктор физ.-мат. наук Ю.А. СУРКОВ,
доктор техн. наук Г.М. ТАМКОВИЧ,
академик АН Молдовы А.Д. УРСУЛ, член-корр. РАН А.М. ЧЕРЕПАЩУК,
доктор физ.-мат. наук В.В. ШЕВЧЕНКО

Проблема происхождения Луны обсуждается в научной литературе уже более ста лет. Ее решение имеет большое значение для понимания ранней истории Земли, механизмов формирования Солнечной системы, происхождения жизни. До настоящего времени была широко распространена гипотеза возникновения Луны в результате столкновения Земли с крупным телом размером с Марс. Эта гипотеза, выдвинутая двумя груп-

несколько слов из истории проблемы

Из планет внутренней части Солнечной системы, которые включают Меркурий, Венеру, Землю и Марс, только Земля имеет массивный спутник – Луну. Спутники есть также у Марса – Фобос и Деймос, но это небольшие тела неправильной формы. Больший из них, Фобос, в мак-



превосходящее 5% ее массы. Наиболее вероятным, исходя из интерпретации геофизических данных, считается интервал 1–3%, то есть радиус лунного ядра составляет 250–450 км.

К середине прошлого века сформировалось несколько гипотез происхождения Луны: отделение Луны от Земли; случайный захват Луны на околоземную орбиту; коаккреция Луны и Земли из роя твердых тел. Эта проблема до недавнего времени решалась специалистами в области небесной механики, астрономии и планетофизики. Геологи и геохимики в ней участия не принимали, поскольку о составе Луны до начала ее изучения космическими аппаратами ничего не было известно.

Уже в 30-е гг. прошлого столетия было показано, что гипотеза отрыва Луны от Земли, выдвигавшаяся, кстати, Дж. Дарвиным, сыном Ч. Дарвина, несостоятельна. Суммарный вращательный момент Земли и Луны недостаточен для возникновения даже в жидкой Земле ротационной неустойчивости (потеря вещества под действием центробежной силы). В 60-е гг. специалисты в области небесной механики пришли к выводу, что захват Луны на околоземную орбиту — крайне маловероятное событие. Оставалась гипотеза коаккреции, которая была разработана отечественными исследователями, учениками О.Ю. Шмидта В.С. Сафроновым и Е.Л. Рускол. Ее слабая

Столкновение Земли с небесным телом размером примерно с Марс, в результате которого произошел выброс расплавленного вещества, образовавшего Луну (гипотеза мегаимпакта). Рисунки В.Е. Куликовского.

сторона — неспособность объяснить разную плотность Луны и Земли. Изобретались хитроумные, но малоправдоподобные сценарии того, как Луна могла бы потерять избыточное железо. Когда стали известны детали химического строения и состава Луны, эта гипотеза была окончательно отвергнута. Как раз в середине 1970-х гг. появился новый сценарий образования Луны. Американские ученые А. Камерон и В. Уорд и одновременно В. Хартман и Д. Дэвис в 1975 г. пред-

ложили гипотезу образования Луны в результате катастрофического столкновения с Землей крупного космического тела размером с Марс (гипотеза мегаимпакта). В результате огромная масса земной материи и частично материала ударника (небесного тела, столкнувшегося с Землей) расплавилась и была выброшена на околоземную орбиту. Этот материал быстро аккумулялировался в компактное тело, которое стало Луной. Несмотря на кажущуюся экзотичность, эта гипотеза стала общепринятой, поскольку она предлагала простое решение целого ряда проблем. Как показало компьютерное моделирование, с динамической точки зрения столкновительный сценарий вполне осуществим. Сверх того, он дает объяснение повышенному значению углового момента системы Земля–Луна, наклону оси Земли. Легко объясняется и более низкое содержание железа в Луне, так как предполагается, что катастрофическое столкновение произошло после образования ядра Земли. Железо оказалось сконцентрированным в основном в ядре Земли, а Луна образовалась из каменного вещества земной мантии.

К середине 1970-х гг., когда на Землю доставили образцы лунного грунта, достаточно хорошо были изучены геохимические свойства Луны, и она по ряду параметров действительно показывала неплохое сходство с со-

Обедненность Луны и Земли летучими относительно углистых хондритов (CI)

Элемент	Li	Na	K	Rb	Cs	Bi	Tl
Земля/CI	0.72	0.50	0.43	0.27	0.086	0.007	0.022
Луна/CI	0.24	0.09	0.066	0.038	0.02	0.0005	0.0024

ставом земной мантии. Поэтому такие видные геохимики, как А. Рингвуд (Австралия) и Х. Венке (Германия), поддержали гипотезу мегаимпакта. Вообще, проблема происхождения Луны из разряда астрономических перешла скорее в разряд геолого-геохимических, так как именно геохимические аргументы стали решающими в системе доказательств той или иной версии образования Луны. Эти версии различались лишь в деталях: относительные размеры Земли и ударника, каков был возраст Земли, когда произошло столкновение. Сама же ударная концепция считалась незыблемой. Между тем некоторые подробности геохимического анализа ставят под сомнение гипотезу в целом.

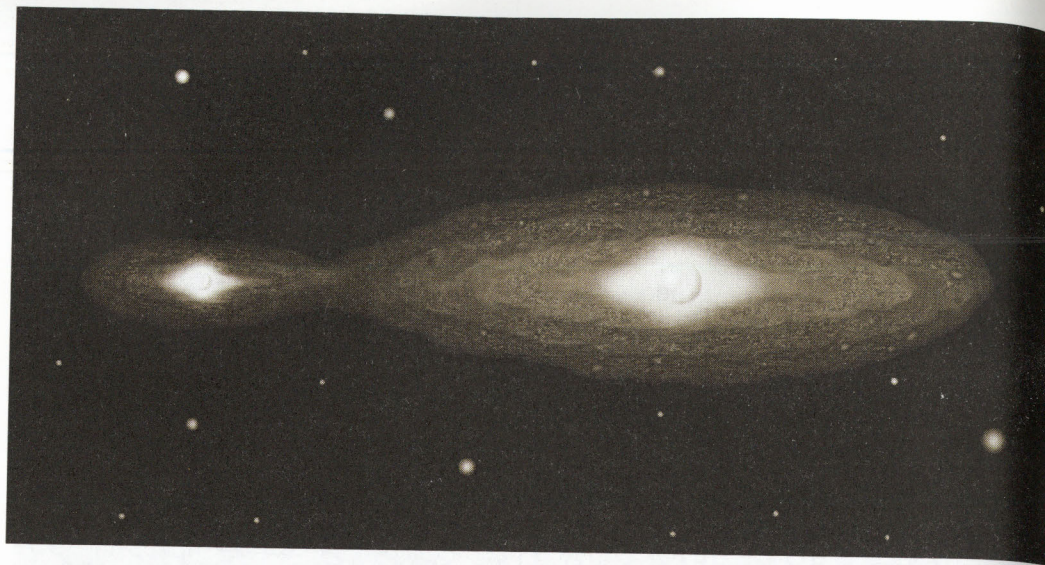
ПРОБЛЕМА “ЛЕТУЧИХ” И ИЗОТОПНОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

Вопрос дефицита железа на Луне играл решающую роль при обсуждении происхождения Луны. Другая фундаментальная проблема — сверхобедненность естественного спутника Земли летучими элементами — оставалась в тени.

Луна содержит во много раз меньше К, Na и других летучих элементов по

сравнению с углистыми хондритами. Состав углистых хондритов рассматривается как наиболее близкий к первоначальному космическому веществу, из которого формировались тела Солнечной системы. В качестве “летучих” мы привычно воспринимаем соединения углерода, азота, серы и воды, которые легко испаряются при прогреве до температуры 100–200°C. При температуре 300–500°C, в особенности в условиях низких давлений, например при соприкосновении с космическим вакуумом, летучесть свойственна элементам, которые мы обычно наблюдаем в составе твердых веществ. Земля тоже содержит мало летучих элементов, но Луна заметно обеднена ими даже по сравнению с Землей.

Казалось бы, в этом нет ничего удивительного. Ведь в соответствии с ударной гипотезой предполагается, что Луна образовалась в результате выброса расплавленного вещества на околоземную орбиту. Понятно, что при этом часть вещества могла испариться. Все бы хорошо объяснялось, если бы не одна деталь. Дело в том, что при испарении происходит явление, называемое фракциони-



рованием изотопов. Например, углерод состоит из двух изотопов, ^{12}C и ^{13}C , кислород имеет три изотопа — ^{16}O , ^{17}O и ^{18}O , элемент Mg содержит стабильные изотопы ^{24}Mg и ^{26}Mg и т.д. При испарении легкий изотоп опережает тяжелый, поэтому остаточное вещество должно обогатиться тяжелым изотопом того элемента, который был утрачен. Американский ученый Р. Клейтон с сотрудниками показал экспериментально, что при наблюдаемой потере калия Луной отношение $^{41}\text{K}/^{39}\text{K}$ должно было бы измениться в ней на 60%. При испарении 40% расплава изотопное отношение магния ($^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$) изменилось бы на 11–13%, а кремния ($^{30}\text{Si}/^{28}\text{Si}$) — на 8–10%. Это очень большие сдвиги, если учесть, что современная точность измерения изотопного состава данных элементов не хуже 0.5%. Между тем никакого сдвига изотопного состава, то есть ка-

ких-либо следов изотопного фракционирования летучих в лунном веществе, не обнаружено.

Возникла драматическая ситуация. С одной стороны, импактная гипотеза была провозглашена незыблемой, особенно в американской научной литературе, с другой — она не совмещалась с изотопными данными. Р. Клейтон (1995 г.) отмечал: “Эти изотопные данные несовместимы почти со всеми предложенными механизмами обеднения летучими элементами путем испарения конденсированного вещества”. Х. Джонс и Х. Палме (2000 г.) заключили, что “испарение не может рассматриваться в качестве механизма, приводящего к обеднению летучими из-за неустрашимого изотопного фракционирования”.

МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАНИЯ ЛУНЫ

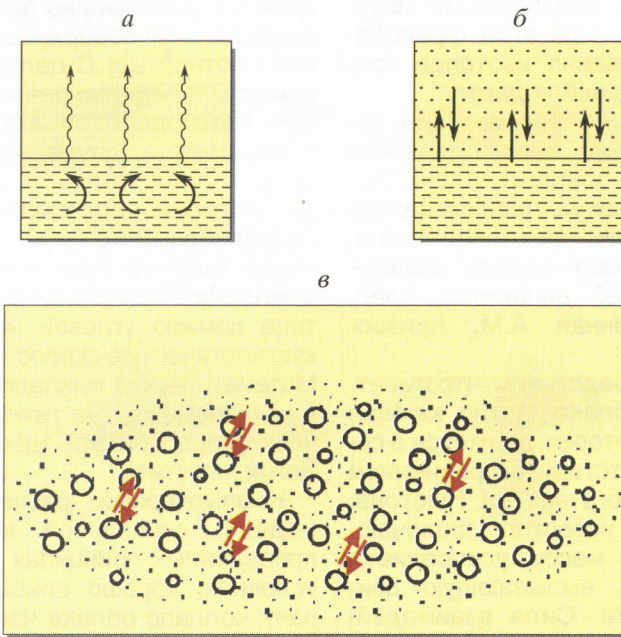
Десять лет назад я выдвинул гипотезу, смысл

Формирование Земли и Луны из общего пылевого диска в соответствии с гипотезой автора о происхождении Земли и Луны как двойной системы.

которой состоял в том, что Луна сформировалась не вследствие катастрофического удара, а как двойная система одновременно с Землей в результате фрагментации облака пылевых частиц. Так образуются двойные звезды. Железо, которым Луна обеднена, было утрачено вместе с другими летучими в результате испарения.

Но может ли в действительности возникнуть такая фрагментация при тех значениях массы и углового момента, которые имеет система Земля–Луна? Это оставалось неизвестным. Несколько исследователей объединились в группу для изучения этой проблемы. В нее вошли известные специалисты в области косми-

ческого и термодинамического изотопные эффекты: а) кинетический изотопный эффект при испарении расплава приводит к обогащению пара легкими изотопами летучих элементов, а расплава — тяжелыми изотопами; б) термодинамический изотопный эффект, возникающий при равновесии между жидкостью и паром. Он может быть пренебрежимо мал при повышенных температурах; в) закрытая система частиц, окруженных своим паром. Испарившиеся частицы могут вновь возвращаться в расплав.



ческой баллистики: академик Т.М. Энеев, еще в 1970-е гг. исследовавший возможность аккумуляции планетных тел путем объединения пылевых сгущений; известный математик академик В.П. Мясников (к сожалению, уже ушедший из жизни); крупный специалист в области газодинамики и суперкомпьютеров член-корреспондент РАН А.В. Забродин; доктор физико-математических наук М.С. Легкоступов; доктор химических наук О.И. Сидоров. Позже к нам присоединился доктор физико-математических наук, специалист в области компьютерного моделирования А.М. Кривцов из Санкт-Петербурга, внесший существенный вклад в решение проблемы. Наши усилия были направлены на решение динамической задачи образования Луны и Земли.

Однако идея утраты Луной железа в результате испарения, казалось бы, находилась в таком противоречии с отсутствием следов изотопного фракционирования на Лу-

не, как и импактная гипотеза. На самом деле здесь наблюдалось замечательное различие. Дело в том, что изотопное фракционирование происходит, когда изотопы необратимо покидают поверхность расплава. Тогда вследствие большей подвижности легкого изотопа возникает кинетический изотопный эффект (приведенные выше величины изотопных сдвигов обусловлены именно этим эффектом). Но возможна другая ситуация, когда испарение происходит в закрытой системе. В этом случае испарившаяся молекула может вновь вернуться в расплав. Тогда устанавливается некоторое равновесие между расплавом и паром. Понятно, что более летучие компоненты накапливаются в паровой фазе. Но вследствие того, что существует как

прямой, так и обратный переход молекул между паром и расплавом, изотопный эффект оказывается очень небольшим. Это — термодинамический изотопный эффект. При повышенных температурах он может быть пренебрежимо мал. Идея закрытой системы неприменима к расплаву, выброшенному на околоземную орбиту и испаряющемуся в космическое пространство. Но она вполне соответствует процессу, протекающему в облаке частиц. Испаряющиеся частицы окружены своим паром, и облако в целом находится в условиях закрытой системы.

Предположим теперь, что облако сжимается в результате гравитации. Происходит его коллапс. Тогда перешедшая в пар часть вещества выжимается из облака, а оставшиеся частицы оказыва-

ются обедненными летучими. При этом фракционирование изотопов почти не наблюдается!

Было рассмотрено несколько версий решения динамической задачи. Наиболее удачной оказалась модель динамики частиц (вариант модели молекулярной динамики), предложенная А.М. Кривцовым.

Представим, что имеет ся облако частиц, каждая из которых движется в соответствии с уравнением второго закона Ньютона, как известно, включающего массу, ускорение и силу, вызывающую движение. Сила взаимодействия между каждой частицей и всеми остальными частицами f содержит несколько слагаемых: гравитационное взаимодействие, упругую силу, действующую при соударении частиц (проявляется на очень малых расстояниях), и неупругую часть взаимодействия, в результате которого энергия столкновения переходит в тепло.

Необходимо было принять определенные начальные условия. Решение проводилось для облака частиц, имеющего массу системы Земля–Луна и обладающего угловым моментом, характеризующим систему этих тел. На самом деле данные параметры для первоначального облака могли несколько отличаться как в большую, так и в меньшую сторону. Исходя из удобства компьютерного расчета, рассматривалась двумерная модель –

диск с неравномерно распределенной поверхностной плотностью. С целью описать поведение реального трехмерного объекта в параметрах двумерной модели вводились критерии подобия при помощи безразмерных коэффициентов. Еще одно условие: нужно было приписать частице помимо угловой некую хаотическую скорость. Математические выкладки и некоторые другие технические подробности здесь можно опустить.

Компьютерный расчет модели, основанной на приведенных принципах и условиях, хорошо описывает коллапс облака частиц. При этом формировалось центральное тело повышенной температуры. Однако не было главного. Не происходила фрагментация облака частиц, то есть возникало одно тело, а не двойная система Земля–Луна. Вообще говоря, в этом ничего неожиданного не было. Как уже упоминалось, попытки смоделировать образование Луны путем отрыва от быстро вращающейся Земли и ранее оказывались безуспешными. Угловой момент системы Земля–Луна был недостаточен для разделения общего тела на два фрагмента. То же получилось и с облаком частиц.

Однако ситуация коренным образом изменилась, когда приняли во внимание явление испарения.

Процесс испарения с поверхности частицы вызывает эффект отталкивания. Сила этого отталкивания обратно про-

порциональна квадрату расстояния от испаряющейся частицы:

$$f_v = \lambda \frac{m^2}{r^2},$$

где λ – коэффициент пропорциональности, учитывающий величину потока испаряющегося с поверхности частицы; m – масса частицы.

Структура формулы, характеризующей газодинамическое отталкивание, выглядит аналогично выражению для гравита-

ционной силы $f_g = \gamma \frac{m^2}{r^2}$, где

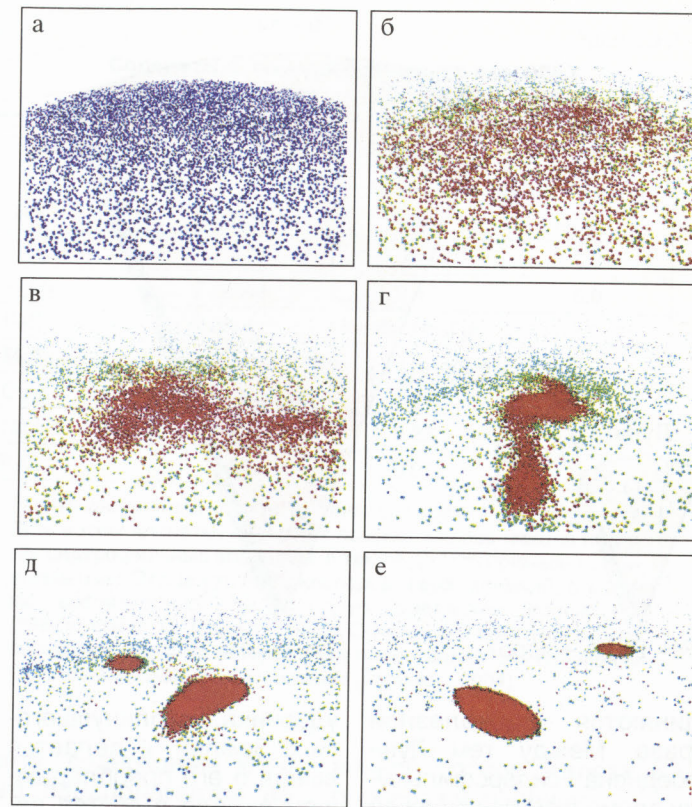
γ – гравитационная постоянная. Строго говоря, полного подобия этих сил нет, так как гравитационное взаимодействие является дальнodelствующим, а отталкивающая сила испарения – локальной. Тем не менее в первом приближении их можно объединить:

$$f = f_g - f_v = (\gamma - \lambda) \frac{m^2}{r^2} = \gamma' \frac{m^2}{r^2}.$$

Отсюда получается новая эффективная постоянная γ' , меньшая, чем γ .

Ясно, что уменьшение коэффициента γ приведет к появлению ротационной неустойчивости при меньших значениях углового момента. Вопрос в том, каков должен быть поток испарения, чтобы требования к начальной угловой скорости облака снизились настолько, чтобы реальный угловой момент системы Земля–Луна оказался достаточным для появления фрагментации.

Компьютерная модель коллапса облака испаряющихся частиц. Показаны последовательные этапы фрагментации облака (а–г) и образования двойной системы (д–е). В расчете использовались реальные параметры, характеризующие систему Земля–Луна: угловой момент $K = 3.45 \times 10^{34} \text{ кг м}^2 \text{ с}^{-1}$; общая масса Земли и Луны $M = 6.05 \times 10^{24} \text{ кг}$, радиус твердого тела с общей массой Земли и Луны $R_c = 6.41 \times 10^6 \text{ м}$; гравитационная постоянная $\gamma = 6.67 \times 10^{-11} \text{ кг}^{-1} \text{ м}^3 \text{ с}^{-2}$; начальный радиус облака $R_0 = 5.51 R_c$; число расчетных частиц $N = 10^4$, значение потока испарения $10^{-13} \text{ кг м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, отвечающее приблизительно 40%-му испарению массы частиц с размером хондры порядка 1 мм в течение 10^4 – 10^5 лет. Рост температуры условно показан изменением цвета от синего к красному.



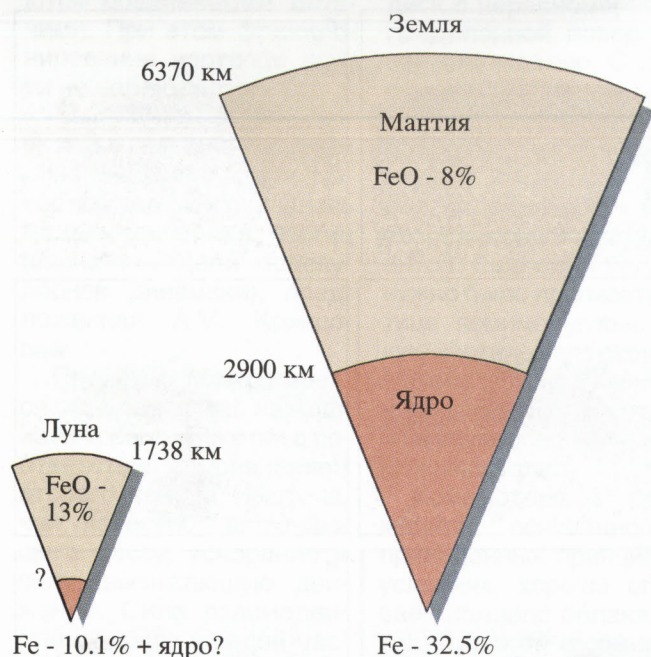
Выполненные оценки показали, что поток совсем небольшой и вписывается во вполне правдоподобные значения времени и массы. А именно, для частиц, имеющих размер хондр (сферических частиц, из которых состоят метеориты-хондриты), то есть размером примерно 1 мм, плотностью около 2 г/см³, при температуре порядка 1000 К поток должен составлять величину примерно $10^{-13} \text{ кг/м}^2 \text{ с}$. В этом случае уменьшение массы испаряющейся частицы на 40% займет время порядка $(3-7) \times 10^4$ лет, что согласуется с возможным порядком 10^5 лет для временной шкалы начальной аккумуляции планетных тел. Компьютерное моделирование с использованием реальных параметров отчётливо показало появление ротационной неустойчивости, завершающей-

ся формированием двух нагретых тел, одному из которых предстоит стать Землей, а другому – Луной. Таким образом, предложенная динамическая модель объясняет возможность возникновения двойной системы Земля–Луна. При этом испарение приводит к утрате летучих элементов в условиях практически закрытой системы, обеспечивающей отсутствие заметного изотопного эффекта.

ПРОБЛЕМА ДЕФИЦИТА ЖЕЛЕЗА

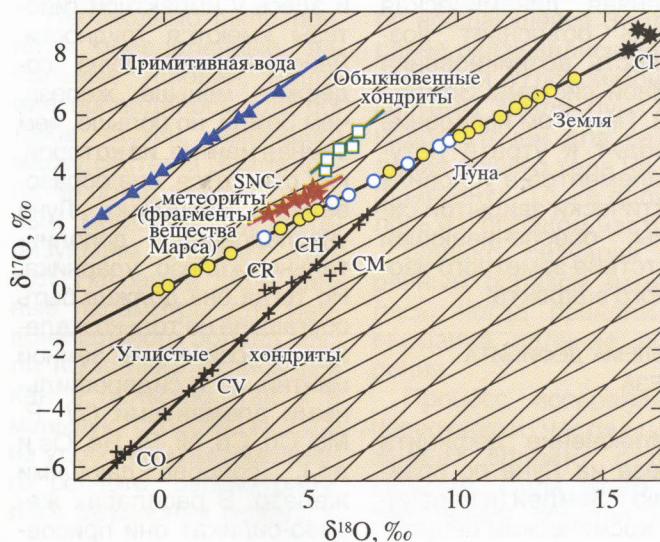
Объяснение дефицита железа на Луне по сравнению с Землей (и первичным космическим веществ-

вом – углистыми хондридами) в свое время стало наиболее убедительным аргументом в пользу импактной гипотезы. Правда, и здесь у импактной гипотезы имеются трудности. Действительно, Луна содержит меньше железа, чем Земля, но больше, чем земная мантия, из которой, как считается, она образовалась. Возможно, Луна унаследовала дополнительно железо ударника. Но тогда она должна быть обогащена не только железом относительно земной мантии, но и сидерофильными элементами (W, P, Mo, Co, Cd, Ni, Pt, Re, Os и др.), сопровождающими железо. В расплавах железо-силикат они присое-



диняются к железной фазе. Между тем Луна обеднена сидерофильными элементами, хотя в ней больше железа, чем в земной мантии. В последних моделях, чтобы согласовать ударную гипотезу с наблюдениями, все больше увеличивают массу

ударника, столкнувшегося с Землей, и делается вывод о его преобладающем вкладе в состав вещества Луны. Но здесь возникает новое осложнение для импактной гипотезы. Вещество Луны, как следует из изотопных данных, строго родствен-



Сравнительное содержание железа (Fe) и окиси железа (FeO) в Земле и Луне.

но веществу Земли. Действительно, изотопные составы образцов Луны и Земли лежат на одной линии в координатах $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^{17}\text{O}$ (отношения изотопов кислорода ^{17}O и ^{18}O к ^{16}O). Так ведут себя образцы, принадлежащие одному и тому же космическому телу. Образцы других космических тел занимают другие линии. До тех пор пока Луна считалась образовавшейся из вещества мантии, совпадение изотопных характеристик свидетельствовало в пользу этой гипотезы. Однако, если вещество Луны в существенной мере образовано из вещества неизвестного небесного тела, совпадение изотопных характеристик уже не поддерживает ударную гипотезу.

Сверхобедненность Луны летучими элементами и роль испарения в динамике формирования системы Земля-Луна позволяют совершенно иначе истолковать проблемы дефицита железа.

На основании нашей модели предстоит выяснить, как возникает обедненность Луны железом и по-

диаграмма отношений изотопов кислорода $\delta^{17}\text{O}$ и $\delta^{18}\text{O}$ ($\delta^{17}\text{O}$ и $\delta^{18}\text{O}$ – величины, характеризующие сдвиги изотопных отношений кислорода $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$ и $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ относительно принятого стандарта SMOW). На этой диаграмме образцы Луны и Земли ложатся на общую линию фракционирования, что указывает на генетическое родство их состава.

Луна обеднена железом, а Земля – нет, при этом в результате фрагментации возникают аналогичных по условиям образования тела.

Лабораторные эксперименты показали, что железо – тоже относительно летучий элемент. Если испарять расплав, который имеет первичный хондритовый состав, то после испарения наиболее легколетучих компонентов (содержаний углерода, серы и ряда других) начнут испаряться щелочные элементы (K, Na), а затем начнется очередь железа. Дальнейшее испарение приведет к улетучиванию за ним Mg. В конечном итоге расплав обогатится более труднолетучими элементами Al, Ca, Ti. Перечисленные вещества относятся к числу породообразующих элементов. Они входят в состав минералов, составляющих основную массу (99%) планеты. Другие элементы образуют примеси и вторичные минералы.

Луна обеднена Fe и обогащена труднолетучими элементами Al, Ca, Ti. Большое содержание Mg в составе Луны – иллюзия, вызванная дефицитом железа. Если учесть, что содержание летучих обусловлено процессом испарения, то содержание наиболее труднолетучих элементов останется неизменным по отношению к исходному составу. Поэтому, чтобы произвести сравнение между хондритами (CI), Землей и Луной, следует отнести концентрации к эле-

Таблица II
Содержание породообразующих окислов в углистых хондритах (CI), Земле и Луне

Компонент	Углистые хондриты	Земля	Луна
SiO ₂	34.2	34.0	43.4
TiO ₂	0.11	0.11	0.3
Al ₂ O ₃	2.44	2.47	6.0
FeO	35.8	5.4 + 32%Fe	13.0
MgO	23.7	23.8	32.0
CaO	1.89	1.96	4.5
Na ₂ O	0.98	0.23	0.09
K ₂ O	0.10	0.02	0.01

Примечание: Ядро Земли (учтена его масса, составляющая 32% массы планеты) содержит помимо железа никель и другие сидерофильные элементы, а также до 10% примеси легких элементов. Это могут быть кислород, сера, кремний, с меньшей вероятностью – примеси других элементов. Данные для Луны взяты по С. Тейлору (1979). Оценки состава Луны сильно варьируют у разных авторов. Нам представляется, что оценки С. Тейлора наиболее обоснованы (Галимов, 2004).

менту, содержание которого предполагается неизменным, например Al.

Тогда отчетливо выявляется обедненность Луны не только железом, но и кремнием и магнием. Исходя из экспериментальных данных, этого следовало ожидать при существ-

венной потере железа в процессе испарения.

А. Хашимото (1983) подвергал испарению расплав, который изначально имел хондритовый состав. Анализ его эксперимента обнаруживает, что при 40% испарения остаточный расплав приобре-

Таблица III
Содержание породообразующих элементов, нормированное относительно Al в CI, Земле и Луне

Элемент	Углистые хондриты (CI)	Земля	Луна
Si	12.3	12.0	6.4
Ti	0.05	0.05	0.05
Al	1.0	1.0	1.0
Fe	21.5	24.7	3.2 + ядро(?)
Mg	11.0	10.9	6.1
Ca	1.04	1.05	1.02
Na	0.57	0.13	0.02
K	0.06	0.01	0.0025

тает состав, почти аналогичный лунному. Таким образом, состав Луны, в том числе наблюдаемый дефицит железа, может быть получен при образовании спутника Земли из первичного хондритового вещества. И тогда нет необходимости в гипотезе катастрофического удара.

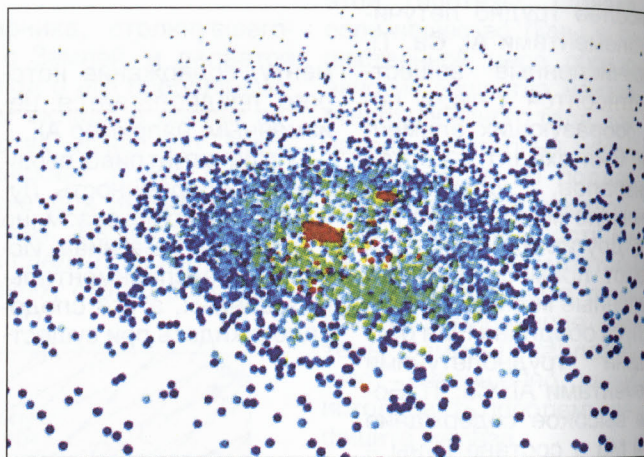
АСИММЕТРИЯ РОСТА ЗАРОДЫШЕЙ ЗЕМЛИ И ЛУНЫ

Остается второй из заданных выше вопросов: почему Земля не обеднена железом, а также кремнием и магнием в той же степени, что и Луна? Ответ на него потребовал решения еще одной компьютерной задачи. Прежде всего, отметим, что после фрагментации и образования в коллапсирующем облаке двух горячих тел остается большое количество вещества в окружающем их облаке частиц. Окружающая масса вещества — холодная по сравнению с относительно высокотемпературными консолидированными зародышами.

Первоначально оба фрагмента, как тот, которому предстояло стать Луной, так и тот, которому предстояло стать Землей, были обеднены летучими и железом практически в одинаковой степени. Однако компьютерное моделирование показало, что если один из фрагментов оказался (случайно) несколько большей массы, чем другой, то дальнейшая аккумуляция вещества протекает крайне асимме-

Таблица IV
Сравнение первоначального хондритового состава
после 40% испарения с составом Луны

Компонент	Первичный состав		Состав остатка после испарения		Луна (вес.%)
	Мол.%	Вес.%	Мол.%	Вес.%	
MgO	35	23.4	45	31.9	32.0
SiO ₂	35	35.0	40	42.9	43.4
FeO	27	36.9	9	15.8	13 + Fe в ядре
Al + Ca	3	4.6	6	9.4	10.8



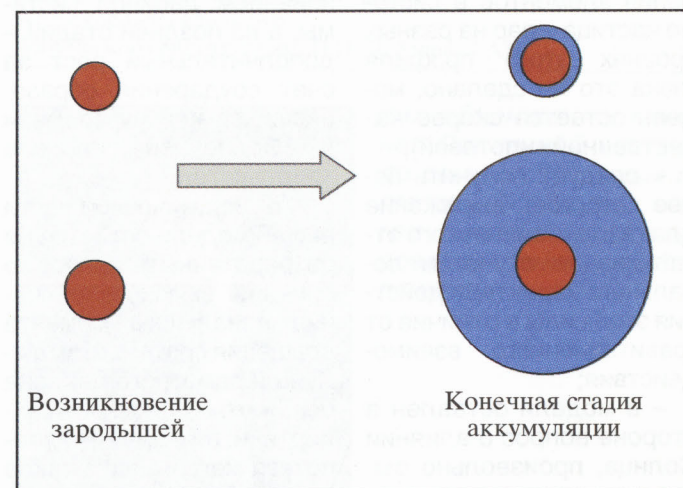
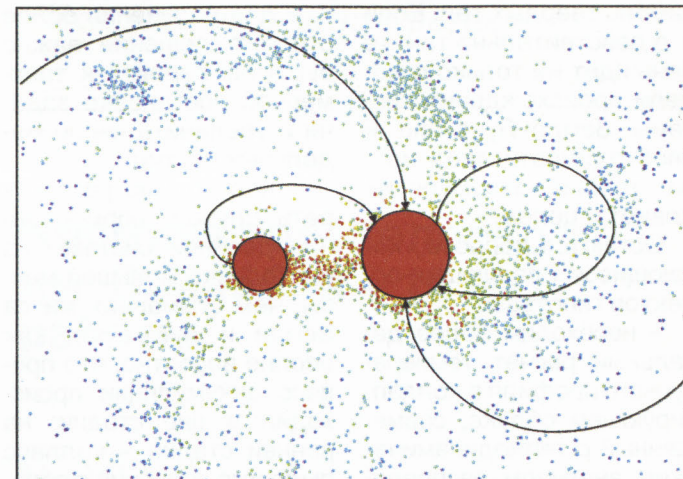
трично. Зародыш большего размера растет гораздо быстрее. С увеличением разницы в размерах лавинообразно возрастает различие скоростей аккумуляции вещества из оставшейся части облака. В результате зародыш меньшего размера лишь немного изменяет свой состав, в то время как зародыш

После образования двух горячих зародышей (красные пятна) значительная часть более холодного (зеленый и синий цвет) материала исходного облака частиц остается в окружающем пространстве (размеры частиц увеличены).

большого размера (будущая Земля) аккумулирует практически все первич-

ное вещество облака и в конечном счете приобретает состав, весьма близкий к составу первичного хондритового вещества, за исключением наиболее летучих компонентов, безвозвратно покидающих коллапсирующее облако. Заметим еще раз, что утрата летучих элементов в этом случае происходит не за счет испарения в пространстве, а за счет выжимания остаточного пара коллапсирующим облаком.

Таким образом, предложенная модель объясняет сверхобедненность Луны летучими и дефицит железа в ней. Главная особенность модели — введение в рассмотрение фактора испарения, причем в условиях, исключающих или сводящих к малым величинам фракционирование изотопов. Этим преодолевается фундаментальная трудность, с которой сталкивается гипотеза мегаимпакта. Фактор испарения впервые позволил получить математическое решение развития двойной системы Земля—Луна при реальных физических параметрах. Нам представляется, что предложенная нами новая концепция происхождения Луны из первичного вещества, а не из мантии Земли,



лучше согласуется с фактами, чем американская гипотеза мегаимпакта.

ПРЕДСТОЯЩИЕ ЗАДАЧИ

Хотя ответы на многие вопросы были получены, еще немало их остается, и встает новая крупная проблема. Она состоит в следующем. Мы в своих расчетах исходили из того, что Земля и Луна, по крайней мере их зародыши размером 2–3 тыс. км, возникли из облака час-

тиц. Между тем существующая теория аккумуляции планет описывает образование планетных тел как результат соударения твердых тел (планетезималей) сначала метрового размера, потом километрового, стокилометрового и т.д. Следовательно, наша модель требует, чтобы в течение ранней стадии развития протопланетного диска в нем возникали и росли до почти планетарной массы крупные сгущения пыли, а не ан-

самбля твердых тел. Если это действительно так, то речь идет не только о модели происхождения системы Земля–Луна, но и необходимости пересмотра теории аккумуляции планет в целом.

Остаются вопросы, касающиеся следующих аспектов гипотезы:

- необходим более детальный расчет температурного профиля в коллапсирующем облаке, совмещенный с термодинамическим анализом распределения элементов в системе частица – пар на разных уровнях этого профиля (пока это не сделано, модель остается скорее качественной гипотезой);

- следует получить более строгое выражение для газодинамического отталкивания с учетом локального характера действия этой силы в отличие от гравитационного взаимодействия;

- в модели оставлен в стороне вопрос о влиянии Солнца, произвольно выбран радиус диска и не рассмотрено деформирующее влияние столкновения сгущений при формировании диска;

- для получения более строгого решения важно было бы перейти к трехмерной постановке задачи и увеличить число модельных частиц;

- необходимо рассмотреть случаи формирования двойной системы из протодиска меньшей массы, чем суммарная масса Земли и Луны, так как вполне вероятно, что процесс аккумуляции происходил в две стадии: на ранней стадии – коллапс пылевого сгущения с образованием двойной системы, а на поздней стадии – дополнительный рост за счет соударения образовавшихся к тому времени в Солнечной системе твердых тел;

- в динамической части нашей модели остается не разработанным вопрос о причине высокого значения начального момента вращения системы Земля–Луна и заметного наклона оси Земли к плоскости эклиптики, в то время как гипотеза мегаимпакта такое решение предлагает.

Ответы на эти вопросы в значительной мере зависят от общего решения упомянутой выше пробле-

мы эволюции сгущений в протопланетном вокруг-солнечном газопылевом диске.

Наконец, следует иметь в виду, что наша гипотеза предполагает некоторые элементы гетерогенной аккреции (послойное формирование небесного тела), правда, в смысле, противоположном принятому. Сторонники *гетерогенной аккреции* считали, что у планет сначала тем или иным способом образуется железное ядро, а затем уже нарастает преимущественно силикатная оболочка мантии. В нашей модели первоначально возникает зародыш, обедненный железом, и лишь последующая аккумуляция приносит обогащенный железом материал. Понятно, это существенно видоизменяет процесс формирования ядра, связанные с ним условия фракционирования сидерофильных элементов и другие геохимические параметры. Таким образом, предложенная концепция открывает новые аспекты исследований в динамике формирования Солнечной системы и в геохимии.

За годы работы этого уникального космического телескопа сделаны важные открытия, получены беспрецедентные по детальности снимки разных астрономичес-

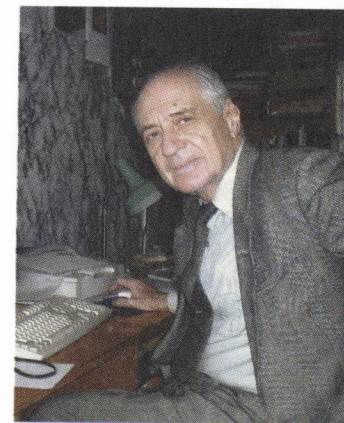
Космический телескоп им. Э. Хаббла – 15 лет работы

В.Г. КУРТ,

доктор физико-математических наук

Астрокосмический центр

Физического института им. П.Н. Лебедева РАН



ких объектов – от планет Солнечной системы до самых удаленных галактик. Все это во многом изменило наши представления о Вселенной.

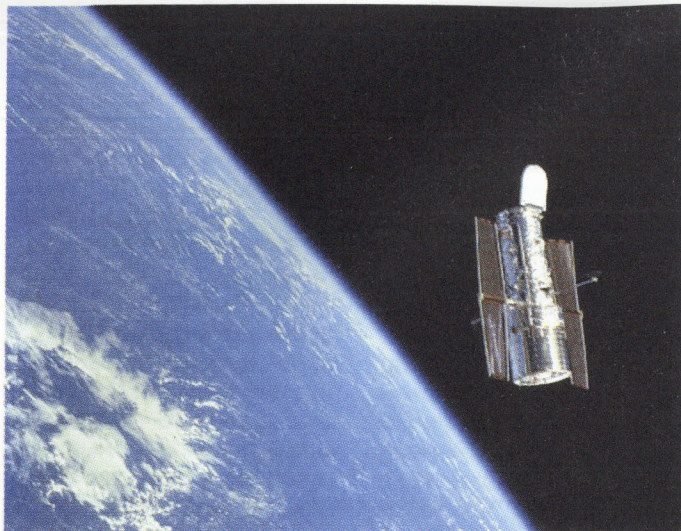
КОСМИЧЕСКИЕ
ОБСЕРВАТОРИИ

24 апреля 1990 г. в 12 ч 33 мин 51 с по Гринвичу на круговую орбиту высотой 600 км, наклонением 25° и периодом обращения 96 мин с помощью пилотируемого многоэтажного корабля “Дискавери” (STS-31R) был выведен самый успешный и дорогостоящий научный спутник – Космический телескоп им. Э. Хаббла (КТХ, NASA–ESA; Земля и Все-

ленная, 1987, № 4; 1990, № 4; 1992, № 1). Создание этого инструмента велось примерно с 1970 г. американской фирмой Lockheed по заказу Центра космических полетов им. Маршалла (NASA).

Установленные на спутниках (космических астрофизических обсерваториях) телескопы – вершина научно-технического прогресса. До КТХ было запущено всего несколько телескопов с зеркалом достаточно боль-

шого диаметра (Земля и Вселенная, 2005, № 3). Наиболее успешно работали спутник “Коперник” (“ОАО-3”, США; запущен 21 августа 1972 г.), международная ультрафиолетовая обсерватория “IUE” (США, Голландия и Великобритания; 26 января 1978 г.) и отечественная обсерватория “Астрон” (23 марта 1983 г.). ИСЗ “Коперник” предназначался для получения небольших участков УФ-спектров шириной до 14 Å яр-



КТХ на орбите. Снимок получен третьей экспедицией обслуживания в ходе полета КК "Дискавери" (STS-103). Декабрь 1999 г. Фото NASA.

ких (до 6^m) молодых звезд с целью исследования количественного химического состава межзвездной среды (в облаках и между ними). На его борту был установлен лишь один научный инструмент — ультрафиолетовый телескоп-рефлектор диаметром 0.81 м (работал в диапазоне 93–300 нм) со спектрографом высокого спектрального разрешения (около 0.03 Å). Проработав на орбите около года, он определил химический состав межзвездной среды по 25 элементам (атомам и ионам). На "IUE" располагался телескоп с главным зеркалом диаметром 0.45 м и спектрометром (две камеры), регистрировавший спектры небесных объектов до 21^m в диапазоне 1100–3200 Å, несмотря на то что главное зеркало было небольшим. "IUE" за 20 лет наблюдений зарегистрировал 50 тыс. спектров звезд, галактик, квазаров и других астрономических объ-

ектов. "Астрон" с помощью зеркала диаметром около 1 м регистрировал объекты в рентгеновском и ультрафиолетовом спектрах вплоть до 12^m в течение почти 10 лет, до 1992 г. (Земля и Вселенная, 1984, №№ 2, 5; 1989, № 4).

Одна из главных проблем космических обсерваторий связана с необходимостью создания высокоточной системы наведения и стабилизации — не более долей угловой секунды. Целью названных трех спутников-обсерваторий было получение лишь спектров астрономических объектов в УФ-диапазоне короче 3200 Å, то есть там, где земная атмосфера полностью непрозрачна. Однако существует и принципиально другая задача внеатмосферной астрономии — наблюдение с высоким угловым разрешением, близким к дифракционному пределу телескопа. Для телескопа с апертурой (диаметром

входного зрачка) 1 м этот предел равен 0.1". К сожалению, земная атмосфера даже в хорошо выбранных местах и на большой высоте (3–5 км) не позволяет делать снимки с угловым разрешением лучше 0.7–1". В настоящее время разработаны и уже успешно применяются на многих больших телескопах корректоры волнового фронта, позволяющие приблизиться к дифракционному пределу углового разрешения. Это сложные оптические и электронные приборы, исправляющие оптические погрешности, вносимые земной атмосферой в изображения исследуемых объектов.

Космический телескоп, выведенный на орбиту 15 лет назад, назван в честь американского астронома **Эдвина Хаббла** (1889–1953), работы которого положили начало внегалактической астрономии (Земля и Вселенная, 1982, № 5). Он доказал, что галактики расположены на расстоянии в миллионы световых лет от Млечного Пути. Э. Хаббл открыл закон расширения Вселенной и определил постоянную величину — скорость ее расширения на единицу расстояния, по его измерениям равную 500 км/с/Мпк (для ближайших галактик). Сегодня эта величина определена с высокой точнос-

тью: $72 \text{ км/с/Мпк} \pm 10\%$. Земля и Вселенная, 2004, № 3). Разница в 10 раз была вызвана тем, что Хаббл ничего не знал о поглощении света пылью нашей Галактике.

ИСТОРИЯ ПРОЕКТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕСКОПА

На начальной стадии проектирования КТХ специалистами были выбраны диаметр главного зеркала 2.4 м (вспомогательное — 1.34 м) и оптическая схема Риччи-Кретьена, работающая в диапазоне 115 нм — 1 м. В этой схеме оба зеркала имеют форму гиперболоида вращения, так же строятся сегодня все крупные инструменты. В отличие от ранее применяемой схемы Кассегрена (парабола + гиперболоид) она обеспечивает большое поле зрения, что очень важно для получения высококачественных изображений в поле зрения свыше 20–30'. Фокус телескопа расположен за главным зеркалом, его фокусное расстояние — 57.6 м при размерах трубы около 10 м. Зеркало массой 816 кг изготовлено из плавленого кварцевого стекла в 1981 г. Шлифовка и полировка его поверхности проводилась в течение 28 месяцев. Обработку данных КТХ поручили **Институту КТХ** (Space Telescope Science Institute, STScI), построенному на территории Университета Джона Гопкинса (г. Балтимор). Управление полетом обсерватории и прием инфор-

мации возложили на станцию, расположенную в **Космическом центре им. Р. Годдарда** (NASA) около Вашингтона. Директором Института назначили выдающегося американского астронома **Риккардо Джаккони**, лауреата Нобелевской премии по физике 2002 г. за открытие в 1962 г. первого рентгеновского источника X-1 в Скорпионе. Р. Джаккони возглавлял Кембриджский Смитсоновский центр, являлся профессором Университета Джона Гопкинса, научным руководителем первого в мире специализированного научного спутника "**Uhuru**" (США, запущен 12 декабря 1970 г.), с помощью которого был составлен первый каталог рентгеновских источников (свыше 300). Затем он руководил исследованиями первой в мире космической обсерватории "**HEAO-2**" (запущена 13 ноября 1978 г.), оснащенной зеркальным рентгеновским телескопом, работавшим в мягком рентгеновском диапазоне (0.2–3 кэВ), названным именем А. Эйнштейна (Земля и Вселенная, 1979, № 4; 1981, № 1).

История КТХ полна трагических взлетов и падений. После его изготовления и полной подготовки к старту в январе 1986 г. произошла катастрофа КК "Челленджер", в результате чего запуск телескопа отложили на четыре года. За это время детекторы инструмента пришли в полную негодность из-за старения, потери чувствительности приборов и морально. Ког-



Первый директор Института КТХ профессор Р. Джаккони.

да телескоп проектировался и изготавливался, все детекторы (такие же как на "Копернике", "IUE" и "Астроне") базировались на телевизионных трубках разных типов. К 1990 г. были уже разработаны полупроводниковые приборы с зарядовой связью (**ПЗС-матрицы**) с высокой квантовой чувствительностью и большим числом чувствительных элементов (пикселей) размером от 1×1 см до 5×5 см при числе элементов до 5 млн. На таких элементах построены бытовые цифровые фото- и кинокамеры (сегодня размеры пикселей составляют 20–10 мкм). Эти же приборы используются на всех наземных телескопах для получения прямых снимков и спектров.

Чтобы наведение и стабилизация телескопа КТХ обрели ранее недостижимую точность около 0.01", необходимо было создать каталог звезд до 15^m . Такой каталог составили в

Институте КТХ под руководством выдающегося астрометриста **Барри Ласкера** (1939–1999). Для этого полностью отсканировали на автоматическом фотометре PDS фотографический паломарский атлас звездного неба Северного полушария и аналогичный атлас, полученный в Австралии на таком же шмидтовском 1.2-м телескопе с полем зрения $6 \times 6^\circ$. В память компьютера были занесены все небесные объекты до 21^m (18.8 млн.), а для 15 млн. звезд вычислены методом Тэрнера координаты и звездные величины. Полученный **гидирующий каталог** (Gide Star Catalog) не является в точном смысле этого слова астрометрическим (Земля и Вселенная, 1991, № 1). В нем отсутствуют собственные движения звезд, и он не выдержан в единой фотометрической системе, так как на телескопах использовались фотопластины разных типов. Gide Star Catalog записали на два лазерных CD-диска, а изображения звезд, галактик и всех других объектов составили каталог **“Оцифрованный Паломар”** (до 21^m). Он стал неоценимым общедоступным каталогом для отождествления всех снимков звездного неба и наведения телескопов. “Оцифрованный Паломар” доступен всем желающим через сеть Интернет.

РЕМОНТ НА ОРБИТЕ

После **запуска КТХ на орбиту в 1990 г.** и анализа первых очень нечетких

изображений стало ясно, что близкая к дифракционному пределу высокая разрешающая способность телескопа не достигнута. Анализ результатов показал, что зеркало телескопа изготовлено неправильно и обладало большой сферической аберрацией, край зеркала был слишком плоским и ошибка доходила до 20 длин волн. В то время газеты и телевидение сообщали: “Изображение 2.4-м космического телескопа оказалось как у любительского телескопа за 300 долларов”. Думали, что эта неудача и КТХ надо возвращать на Землю с помощью корабля “Спейс Шаттл”, делать новое зеркало и запускать вновь. На это потребовалось бы еще 700–800 млн. долларов. Можно представить себе положение Р. Джиаккони, сотрудников Института в США и Европе! Выход, однако, нашел выдающийся оптик нашего времени, профессор Университета Джона Гопкинса К. Фасти. Он предложил и рассчитал оптический линзовый асферический корректор для исправления ошибки главного зеркала. Такой сравнительно недорогой и простой корректор изготовили и испытали в лабораторных условиях. Но для его монтажа на КТХ и юстировки требовалась новая экспедиция на орбиту. До запуска на телескопе смонтировали в поле радиусом $14'$ **пять научных приборов**. Три датчика системы наведения на расстоянии $10'$ от центра, широкоугольная планет-

ная камера с полем зрения $3' \times 3'$, камера для получения снимков слабых объектов, спектрометр высокого разрешения, спектрометр для слабых объектов и фотометр с высоким временным разрешением. Первая экспедиция обслуживания КТХ состоялась в **декабре 1993 г.** (Земля и Вселенная, 1994, № 4, 5). Астронавты установили корректор и сняли фотометр, а также заменили часть служебных систем на спутнике. Следующие экспедиции проведены в **феврале 1997 г., декабре 1999 г. и марте 2002 г.** (Земля и Вселенная, 1998, № 1; 2000, № 5; 2002, № 4). Аprobацию линзового корректора на зеркале выполнили 27 декабря 1993 г., а первый высококачественный снимок галактики M100 получили 31 декабря 1993 г. с помощью широкоугольной планетной камеры. Дефект зеркала сверхдорогого инструмента был устранен! С этого времени телескоп работает с высоким пространственным разрешением – лучше $0.01''$. На спутнике были, кроме того, заменены гироскопы точного наведения и солнечные батареи.

ОБОРУДОВАНИЕ КТХ

Приведем некоторые **характеристики КТХ**. Длина на спутника – 13.1 м, диаметр – 4.2 м, размах солнечных батарей – 12 м, масса – 11.3 т. Диаметр главного зеркала телескопа системы Риччи-Кретьена – 2.4 м, угловое разрешение оптики –

$0.05''$, спектральный диапазон научных приборов от $1100 \text{ \AA}$ до 2.4 мкм, точность стабилизации за 4 ч наблюдений – $0.0007''$, скорость передачи данных – 1 Мбит/с. Каждый день на Землю транслируется около 15 Гбайт информации, что больше объема трех DVD-дисков.

К апрелю 2005 г. КТХ совершил 80 тыс. оборотов вокруг Земли, это составляет 25 а.е. (3.7 млрд. км). Им выполнено 700 тыс. экспозиций и переданы **пять тысяч снимков**, наблюдалось **22 тыс. астрономических объектов**. Объем переданной информации составляет **22 Тбайт** (примерно две библиотеки Конгресса США). Воспользовались телескопом около 3900 ученых со всего мира, число опубликованных статей к настоящему времени превышает 6 тыс., что далеко опережает другие наземные и космические телескопы. Американская сторона имеет на телескопе 85% наблюдательного времени, европейская – 15%. Затраты Европейского космического агентства составили 33 млн. евро за 20 лет работы, начиная с проектирования и изготовления телескопа. Затраты США на создание телескопа и спутника, их изготовление и работу Института КТХ за 20 лет, запуск и эксплуатацию двух спутников связи “TDRS”, четырех экспедиций обслуживания КК “Спейс Шаттл” на орбите и разработку новых научных приборов приближаются к **10 млрд. долларов!**

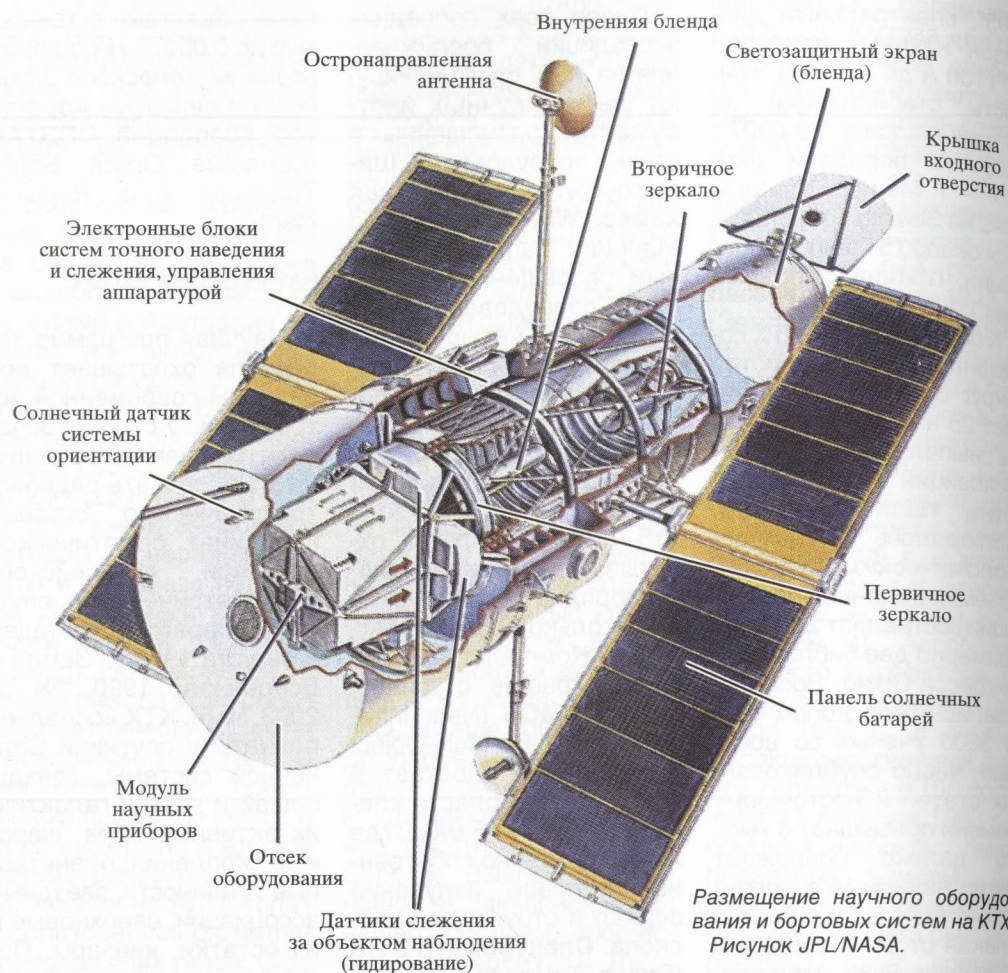
После трех последних экспедиций обслуживания на КТХ функционируют **шесть научных инструментов**, размещенных в отсеке оборудования. **Широкоугольная планетная камера WFPC2** (Wide Field Planetary Camera) с угловым разрешением лучше $0.01''$ оборудована ПЗС-матрицей и четырьмя детекторами для получения изображений до 28^m в поле зрения $1.1' \times 1.1'$. Камера снабжена 48 фильтрами от УФ- и до ближней ИК-области в диапазоне $115\text{--}1100$ нм. Фильтры охватывают широкие полосы порядка $500 \text{ \AA}$ и узкие в несколько десятков ангстрем. Комплекс камер и спектрографов с фильтрами **NICMOS** (Near Infra-red Camera and Multi-Object Spectrometer) работает в ближней ИК-области спектра ($8000 \text{ \AA}$ – 2.5 мкм), где не существенно собственное тепловое излучение зеркал и структуры телескопа. **Спектрометр STIS** (Space Telescope Imaging Spectrograph) с щелями разной формы и размера для регистрации спектров в диапазоне от ближней УФ- до ближней ИК-области спектра. **Широкоугольная камера ACS** (Advanced Camera for Surveys) получает прямые изображения больших участков неба до $3'$, оснащена двумя детекторами WPC1 и WPC2. **Система наведения и стабилизации** (гидирования) телескопа **FGS** (Fine Guidance Sensor) служит также для решения астрометрических задач, позволяя определять расстояние между близ-

кими объектами с точностью до $0.0007''$. На главном зеркале телескопа установлен линзовый **корректор аберраций COSTAR** (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement).

НАУЧНАЯ ПРОГРАММА

Научная программа телескопа охватывает все разделы современной астрономии. Астрометрические измерения преследуют цель связать радиоастрономическую систему координат с оптической системой европейского астрометрического спутника **“Hipparcos”** (запущен 8 августа 1989 г.; Земля и Вселенная, 1990, № 1; 2003, № 5). КТХ исследует планеты и спутники Солнечной системы, звезды нашей и других галактик, их активные ядра, шаровые скопления, планетарные туманности, звездные ассоциации, сверхновые и их остатки, квазары. Получены новые данные о шкале расстояний на основе фотометрии цефеид. Наблюдаются переменные звезды и цефеиды в достаточно далеких галактиках, а также редкие или ранее неизвестные галактики всех типов и “уроды” среди них, взаимодействующие галактики на разных стадиях их сближения и эволюции, звездообразование и оптические транзиенты космических гамма-всплесков.

Поражает коллекция **планетарных туманностей** необычных и причудливых форм. Например, **NGC 6543 “Кошачий глаз”**



Планетарная туманность NGC 6543 "Кошачий глаз" в созвездии Дракона. Изображение получено из нескольких снимков 1994 г., 1997 г., 2000 г. и 2002 г. Видны волокна и узелки сжатого газа, ударные волны, вокруг центральной звезды множество газовых колец – оболочки, сброшенные с интервалом 1500 лет. Фото KTX (NASA).

Остаток Сверхновой N63A в Большом Магеллановом Облаке, удаленной от нас на 160 тыс. лет. Цвета синтезированы, красный соответствует линиям серы, голубой – кислорода, зеленый – водорода. 7 июня 2005 г. Фото KTX (NASA).

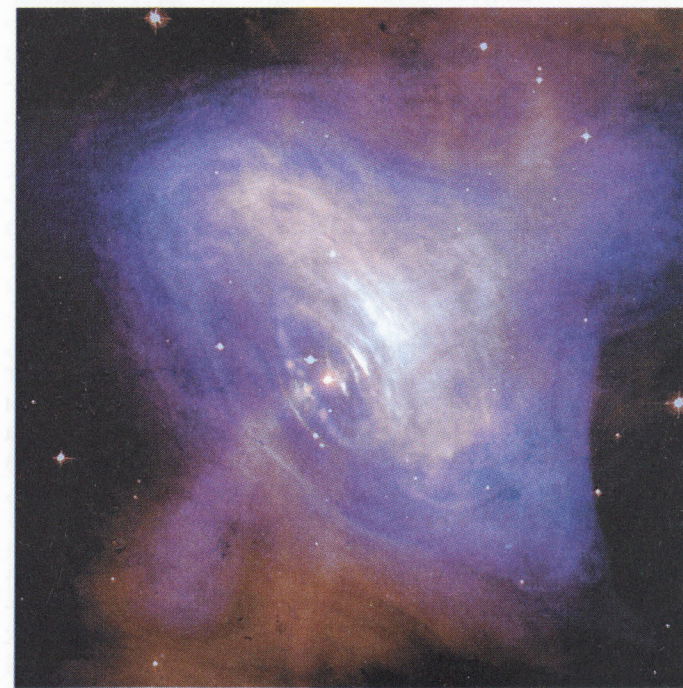


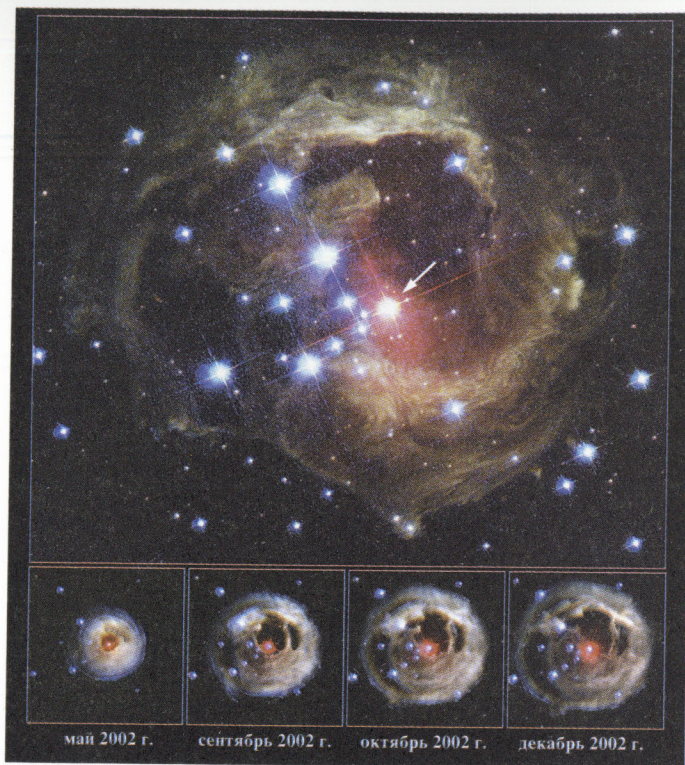
в созвездии Дракона, сфотографированная КТХ в 1994–2002 гг., – это конечный этап эволюции звезд с массой, близкой к массе Солнца. После выгорания водорода в центре такой звезды и быстрой эволюции она сбрасывает оболочку, превращаясь в красный гигант, а ее ядро – в сверхплотный белый карлик с температурой около миллиона кельвинов и массой меньше $1.4 M_{\odot}$ (предел Чандрасекара). В этой туманности наблюдались удивительная картина движения волокон (филаментов), фронты ударных волн и узелки высокоскоростного сжатого газа. Вокруг центральной звезды расположено множество концентрических газовых колец, похоже, она сбрасывает оболочки с интервалом 1500 лет. А чего стоит кинофильм о расширении туманностей после вспышек новых или

активности нейтронной звезды в центре Крабовидной туманности, где видны волокна, расходящиеся от центральной нейтронной звезды! КТХ получил изображения остатков сверхновых с нейтронными звездами в центре: **Сверхновая 1987** в Большом Магеллановом

Облаке и **Сверхновая 1054** в Крабовидной туманности (M1) – яркий рентгеновский источник с синхротронным излучением. Пионерские работы отечественных астрономов И.С. Шкловского, В.Л. Гинзбурга, И.М. Гордона, Н.С. Кардашева объяснили свечение галактических

Остаток Сверхновой 1054 – Крабовидная туманность (M1) в созвездии Тельца. Это яркий радио- и рентгеновский источник с синхротронным излучением релятивистских электронов в магнитных полях. Туманность вокруг пульсара изучалась в течение 24 сеансов в августе 2000 г. – апреле 2001 г. одновременно с помощью КТХ и космической обсерватории "Chandra". 16 сентября 2002 г. Фото NASA.





кого газа в Галактике и других космологических объектах действием синхротронного механизма. Световое эхо распространялось во время предыдущей вспышки в 2002 г. по газопылевой оболочке **Новой V838** в созвездии Единорога, расположенной на краю Млечного Пути в 6.2 кпк от нас. Во время максимальной фазы вспышки эта звезда светила в 600 тыс. раз ярче, чем Солнце, то есть ее абсолютная звездная величина превысила солнечную на 14.5^m!

С помощью КТХ (комплекс камер и спектрографов NICMOS) выполнены прямые измерения массы звезд (0.1–150 $M_{\odot}$) в пределах Млечного Пути, необходимые для разработки модели звездообразо-

вания, детали их формирования до сих пор неизвестны. Теория предсказывала существование звезд массой до $10^3 M_{\odot}$, но ни одной звезды в Галактике массой более 130 $M_{\odot}$ не найдено. На ее периферии на расстоянии 25 тыс. св. лет в шаровом скоплении галактического гало находятся звезды возрастом 2–2.5 млн. лет. Там есть огромные облака газа, которые, сталкиваясь, постепенно формируют новые звезды. Астрономы считают, что только одна из каждых 10 млн. звезд в Галактике столь же ярка, как в данном скоплении.

Астрономы впервые нашли молодые, рождающиеся прямо на наших глазах звезды в ближайшей к нам **туманности NGC 346**

Новая V838 в созвездии Единорога (расположена в 6.2 кпк от нас). "Световое эхо" освещает газопылевую оболочку, образовавшуюся во время вспышки 2002 г. При максимальной фазе вспышки V838 (звезда красного цвета, отмечена стрелкой) была ярче Солнца в 600 тыс. раз. Изображения с голубым, зеленым и инфракрасным светофильтрами позволили получить нечто вроде кинофильма. Внизу на врезке — стадии расширения оболочки (май–декабрь 2002 г.). 3 февраля 2005 г. Фото КТХ (NASA).

(созвездие Тукана) в неправильной галактике Малое Магелланово Облако. Облака разогреваются лишь от гравитационного сжатия, их плотность растет, а размеры уменьшаются. После достижения критической массы и плотности в таких протозвездах происходят термоядерные реакции при минимальной массе 0.07 $M_{\odot}$ и температуре 2×10^5 K. Скопление NGC 346 содержит не менее 2500 эмбриональных звезд, в которых еще не начался процесс ядерного горения. КТХ нашел три популяции в Малом Магеллановом Облаке, в них около 70 тыс. зародышей будущих звезд.

Исследования в области **космологии**, выполненные КТХ, связаны, в первую очередь, с фотографированием галактик вблизи границ Вселенной в рамках программы "Hubble Ultra Deep Field" (**глубокие обзоры до 30^m**; Земля и Вселенная, 2004, № 4). Вначале был сделан обзор "пустого" кусочка Северного неба в созвездии

Большой Медведицы, затем в Южном полушарии, наконец, рекордный **обзор площадки небесной сферы в 2003–2004 гг.** с экспозицией около 30 сут! Такой эксперимент провели, хотя 1 ч наблюдательного времени КТХ стоит выше 10 тыс. долларов. Эти снимки позволяют наблюдать галактики и скопления галактик возрастом, близким возрасту нашей Вселенной (13.7 млрд. лет). Астрономы, и главным образом космологи, открыли тысячи и десятки тысяч ранее невиданных галактик, отсутствующих в близких к нам областях Вселенной. При этом регистрировались удаленные галактики с $z = 7-12$, что соответствует их возрасту 1–2 млрд. лет после большого взрыва. Все наблюдаемые в этом обзоре

Эмбриональные" звезды в туманности NGC 346 галактики Малое Магелланово Облако. КТХ нашел в этой туманности скопление (отмечено стрелкой) три популяции общей численностью 70 тыс. звезд, а шаровое скопление (отмечено стрелкой) содержит не менее 2500 молодых звезд. 12 января 2005 г. Фото КТХ (NASA).





Глубокий обзор неба с экспозицией 10^5 с (свыше месяца) части созвездия Печь ($3' \times 3'$), 2003–2004 гг. Несколько фрагментов обзора содержат изображения древних галактик возрастом более 12 млрд. лет и объекты гравитационного линзирования. Фото KTX (NASA).

галактики (10 тыс.) слишком слабы для регистрации наземными телескопами. Размер изображе-



ния в **созвездии Печь** южнее созвездия Ориона при сверхглубоком обзоре не превышает 0.1 диаметра Луны ($3' \times 3'$). Поражает разнообразие форм самых молодых и удаленных от нас галактик, ранее никогда не наблюдавшихся с помощью наземных телескопов. Кажется, что именно эти результаты самые важные и впечатляющие.

Впрочем, все исследователи находят для себя широкое поле деятельности. На мой взгляд, выдающимся считается от-

крытие белых карликов в **шаровом скоплении M15** в созвездии Пегаса (расстояние 10 кпк от Солнца) — итог эволюции звезд с массой порядка массы Солнца, прошедших стадию красного гиганта и планетарной туманности. Здесь же нашли черную дыру промежуточной массы $4 \times 10^3 M_{\odot}$, которая содержит всего 0.5% массы галактики. Это открытие поможет понять, как образовались миллиарды лет тому назад наша Галактика, шаровые скоп-

Шаровое скопление M15 в созвездии Пегаса (расстояние 10 кпк от Солнца). С помощью KTX здесь открыты белые карлики и черная дыра. 17 сентября 2002 г. Фото KTX (NASA).

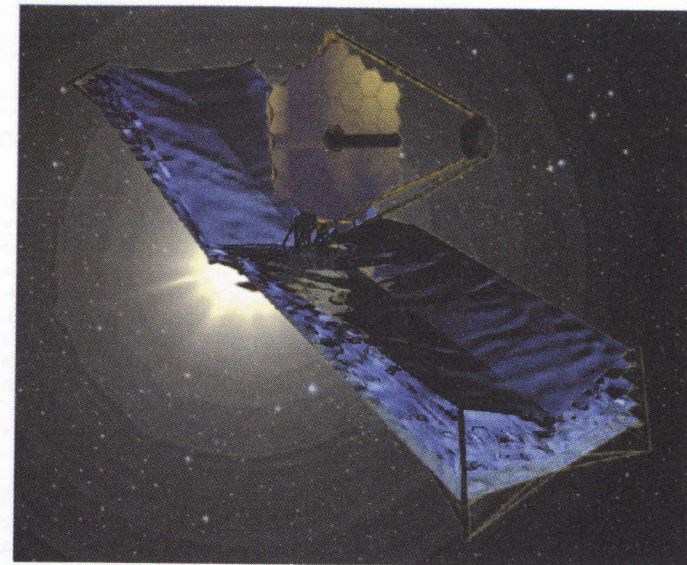
перспективная космическая обсерватория им. Дж. Вебба (JWST, проект) с оптическим телескопом. КА планируется запустить в 2011 г. Рисунок PL/NASA.

ения и нынешняя структура Вселенной. Шаровые скопления населены самыми старыми звездами первого поколения. Возможно, что рентгеновские источники в них — это сверхмассивные черные дыры. Обнаружена также черная дыра с массой $2 \times 10^4 M_{\odot}$, находящаяся в шаровом скоплении G1 рекордно большой массы ($10^6 M_{\odot}$) в Туманности Андромеды на расстоянии 7 Мпк от Млечного Пути. Все астрономы заворожены объектами гравитационного линзирования (в основном квазарами) на массивных скоплениях галактик.

Трудно или даже невозможно в одной статье переписать все новые результаты, полученные этим телескопом. Информация о новостях KTX публикуется в Интернете (<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/figure/>). Снимки и отчеты о работе KTX можно найти на сайте STScI (<http://www.stsci.edu/resources/>).

ПЕРСПЕКТИВЫ ОПТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ОБСЕРВАТОРИЙ

Первоначально рассчитывали, что KTX будет работать 15 лет, не планируя никаких экспедиций обслуживания. Предполагалось проводить наблю-



дения, пока это будет возможно, а затем с помощью спутника-автомата пристыковать к нему тормозной блок и, снизив орбиту, разрушить спутник над океаном, как это сделали с российским орбитальным комплексом «Мир» (Земля и Вселенная, 2001, № 2). Сейчас время функционирования KTX продлено на 5 лет. Новое руководство NASA не исключает возможности еще одной экспедиции обслуживания для ремонта или замены научных приборов.

На смену KTX в 2011 г. NASA планирует запустить космическую обсерваторию следующего поколения «James Webb Space Telescope» («JWST»), носящую имя Джеймса Вебба, бывшего директора NASA. Обсерваторию с 6.5-м телескопом на борту выведут в точку Лагранжа L2, находящуюся на расстоянии 1.5 млн. км от Земли. На нем установят

главное и вторичное зеркало, в семь раз большие по площади, чем у KTX, защищенные от Солнца и Земли тремя или четырьмя огромными экранами. Чувствительность телескопа «JWST», по расчету, должна быть в 100 раз лучше KTX, то есть на 5 звездных величин. Спектральный диапазон этого инструмента сместится из оптики и ближнего ультрафиолетового в ИК-диапазон методом охлаждения зеркал радиационным способом. Тепловой нагрев от Земли и Солнца подавляется экранами КА из-за большого удаления от Земли — ее угловой размер всего 3 угловые минуты.

Надеемся, что до запуска новой орбитальной обсерватории им. Дж. Вебба Космический телескоп им. Э. Хаббла успеет сказать еще немало веских слов в современной астрофизике и космологии.

Солнце в июне–июле 2005 г.

В первые летние месяцы 2005 г. уровень солнечной активности несколько повысился, но все же оставался в пределах обычного для данного периода развития солнечного цикла – режима спада, приближающегося к фазе своего минимума. Пятнообразовательная деятельность держалась в основном на среднем уровне, иногда падая до низкого. Только в начале июля она впервые в этом году неожиданно поднялась до высокого уровня. Среднемесячные значения относительного числа солнечных пятен $W_{июня} = 42.6$ и $W_{июля} = 39.9$. Напомним, что максимум текущего солнечного цикла наступил в апреле 2000 г. ($W^*_{\max} = 121.7$, $F_{10\text{ см}}^* = 181$), вторичный максимум – в ноябре 2001 г. ($W^* = 115.6$, $F_{10\text{ см}}^* = 193.6$).

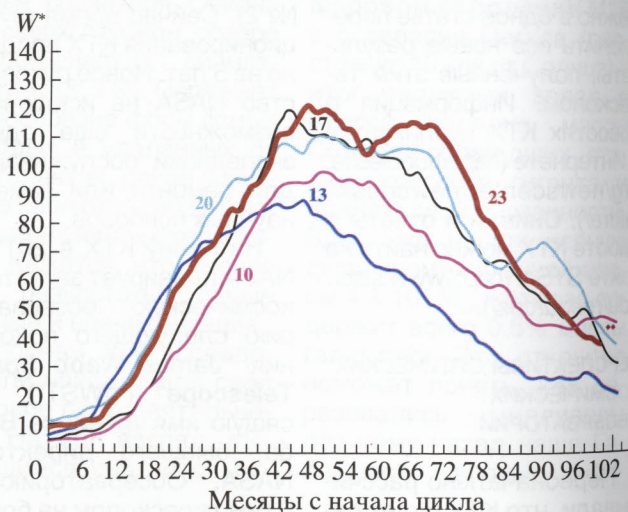
В июне пятнообразовательная активность Солнца была средней первые две декады, а в третьей стала низкой. Максимальное относительное число пятен ($W = 73$) отмечено 7 июня, а минимальное ($W = 0$) – 26 июня. На видимом диске Солнца постоянно наблюдалось до шести групп солнечных пятен, среди которых больших не было. Средняя вспышечная активность отмечена 1, 3 и 16 июня, когда на Солнце произошли вспышки рентгеновского балла М. Последняя из них вызвала в околоземном космическом пространстве малое протонное событие. Кроме того, в июне зафиксировано восемь выбросов солнечных волокон, два из которых (8 и 18 июня) оказались причиной малых магнитных бурь (13, 14 и 23 июня) в окрестностях Земли. Уровня малой магнитной бури достигло также геомагнитное возмущение 16 июня, которое было вызвано прохождением Землей высокоскоростного потока солнечного ветра от корональной дыры. Геомагнитная обстановка была возмущенной семь суток. На геостационарных орбитах 25 суток регистрировался интенсивный уровень потоков высокоэнергичных электронов.

В июле пятнообразовательная активность Солнца была высокой

в первой декаде, средней – до 15 июля и всю вторую половину месяца – низкой. Максимальное относительное число пятен ($W = 107$) отмечено 4 июля, а минимальное ($W = 0$) – 18, 20, 21 июля. Число групп пятен на видимом диске Солнца менялось от пяти в начале месяца до нуля в конце второй–начале третьей декады.

Месяц начался с прохождения по видимому диску Солнца большой группы пятен Южного полушария. Она пересекла видимый диск Солнца, не дав ни одной даже средней вспышки. 1 июля из-за восточного лимба вышла группа пятен Северного полушария Солнца – наиболее активная область рассматриваемого периода. Когда эта группа пятен была в центре солнечного диска, в ней произошли геоэффективные вспышки. Две из них рентгеновского балла М (7 и 9 июля) сопровождалась выбросами коронального вещества типа “гало”. Выбросы такого типа от вспышек на видимом диске Солнца указывают на то, что возмущение от них скорее всего попадает в около-

земное космическое пространство, вызывая магнитные бури. Умеренные магнитные бури наблюдались 12 и 13 июля. С 12 по 14 июля (за 52 ч) при подходе северной группы пятен к западному лимбу Солнца зафиксировано 11 вспышек рентгеновского балла М (две большие М5.0 – 13.07 и М9.1 – 14.07) и одна балла X1.2 – 14.07. (Напомним, что большой считается вспышка, если ее рентгеновский бал равен или больше М5.) Следствием вспышек стало солнечное протонное событие, длившееся до начала 17 июля. По косвенным данным, в этой активной области значимые вспышки продолжались до 17 июля, хотя группа пятен уже трое суток находилась на невидимой стороне Солнца. Через 14 суток (27 июля) данная активная область снова вышла на видимый диск Солнца в состоянии повышенной вспышечной активности. С 24 июля (за трое суток до выхода) наблюдались большие выбросы коронального вещества, которые свидетельствуют о значимых вспышках на невидимой стороне Солнца.



Ход развития (104 месяца) текущего 23-го цикла солнечной активности среди аналогичных циклов (10, 13, 17 и 20). W^* – сглаженные за 13 месяцев относительные числа солнечных пятен (числа Вольфа).

Солнца 06.06.2005 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии видимой части солнечного спектра H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 171 \text{ \AA}$, $195 \text{ \AA}$. Фото “SOHO”.

Обозначения на снимках: АО – активная область; КД – корональная дыра; СВ – солнечное волокно; F1 – солнечная вспышка.

Вспышки среднего балла продолжались с 28 по 31 июля, а 1 июля отмечена и большая вспышка балла X1.3. Значительных возмущений геомагнитного поля они не вызвали, однако с 1 июля по 2 августа продолжались выбросы солнечных протонов малой интенсивности. Это редкий случай попадания солнечных протонов от вспышек за восточным лимбом Солнца в околоземное космическое пространство за всю историю наблюдений.

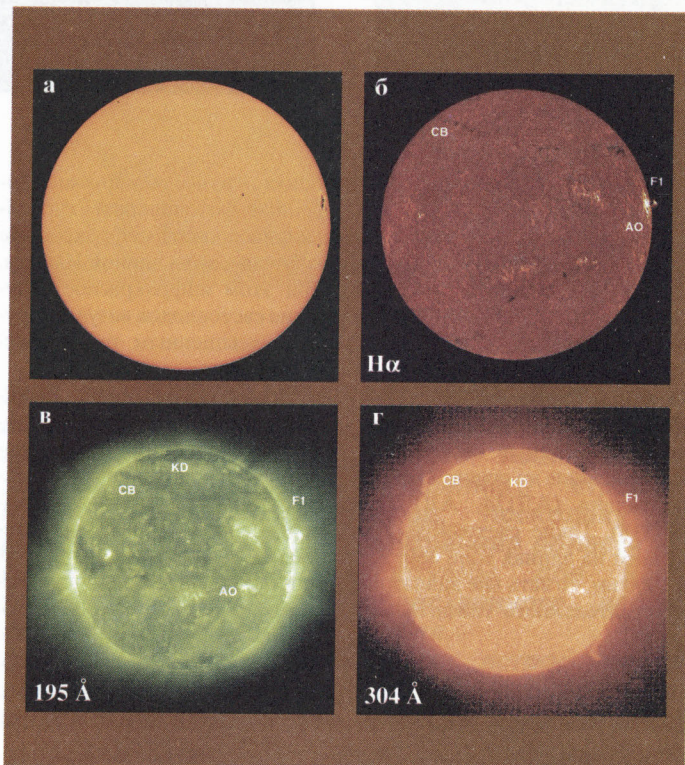
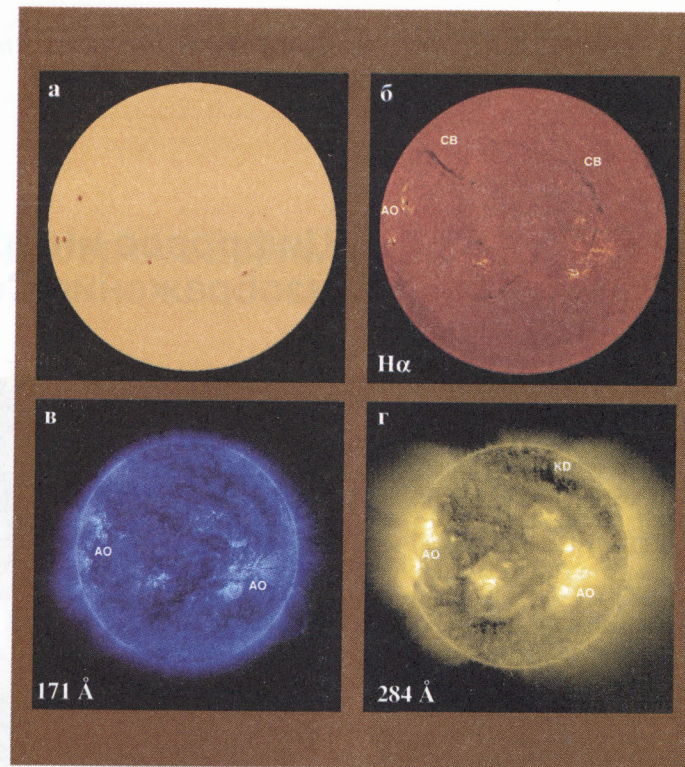
Высокая вспышечная активность отмечена 13 и 14 июля, а 7, 12, 15 и 27 июля – средняя. Все-таки июль произошли две вспышки балла X, 18 – балла М, из которых две большие, и три выброса солнечных волокон. Малые магнитные бури 17–18 и 20–21 июля существовали во время прохождения Земли через рекуррентный высокоскоростной поток солнечного ветра от корональных дыр. В июле геомагнитная обстановка была возмущенной 9 суток. На геостационарных орбитах 14 суток регистрировались интенсивные потоки высокоэнергичных электронов.

Информацию о текущем состоянии солнечной активности и ее прогноз на русском языке можно найти на сайте: <http://www.izmiran.space/solar/forecast>

Страница обновляется каждый понедельник.

Источник снимков: Интернет, страницы Службы Солнца (www.sec.noaa.gov).

Солнца 13.07.2005 г.: а) в белом свете (непрерывном спектре); б) в самой сильной водородной линии видимой части спектра H_α ($\lambda = 6563 \text{ \AA}$); в, г) в линиях крайнего ультрафиолетового излучения $\lambda = 195 \text{ \AA}$, $304 \text{ \AA}$. Фото “SOHO”.



Цифровое инфракрасное изображение Солнца

Получившие в последние годы широкое распространение цифровые фотоаппараты строятся на основе ПЗС-приборов с зарядовой связью (употребляется также название CCD-камера – Charge Coupled Device). Известно, что ПЗС обладают чувствительностью в ближнем инфракрасном диапазоне спектра. Производители современных цифровых фотоаппаратов обычно заявляют, что камера принимает волны только в оптическом диапазоне. Они искусственно ограничивают чувствительность фотокамеры путем цифровой обработки сигнала, поступившего с ПЗС-матрицы. Проверка реальной чувствительности цифровых фотоаппаратов показала, что их можно использовать для визуализации ближнего инфракрасного участка спектра.

Тестировались любительские цифровые фотоаппараты OLIMPUS Camedia C-150 (2 MPx1), HEWLETT-PACKARD Photosmart 435 (3 MPx1) и полупрофессиональная цифровая камера Canon EOS 300D (6 MPx1). Ими фотографировали инфракрасные светодиоды, выполненные на основе арсенида галлия (АЛ124, АЛ107 и АЛ118). Такие светодиоды излучают на длинах волн 860, 950 и 1000 нм, то есть вне диапазона чувствительности глаза. Выяс-



нилось, что все тестируемые цифровые фотоаппараты способны фиксировать инфракрасные излучения волн длиной 1000 нм. При этом инфракрасное излучение светодиодов визуализируется насыщенным темно-красным цветом.

После проведенного исследования автор сфотографировал Солнце в ближнем ИК-диапазоне. Перед штатным объективом EF-S цифровой фотокамеры Canon EOS 300D был установлен инфракрасный фильтр, непрозрачный для видимого света. В качестве такого свето-

Солнце в инфракрасных лучах. Изображение получено с помощью цифровой фотокамеры Canon EOS 300D (выдержка 1/10 с, экспозиция 0.1 с, диафрагма 1/5, чувствительность камеры 400 ISO).

фильтра использовалась эбонитовая пластина толщиной 0.5 мм.

М.В. ГОРШЕЧНИКОВ,
кандидат педагогических наук
Астрономическая
обсерватория
Вятского государственного
гуманитарного университета



Астросейсмология

Т. А. РЯБЧИКОВА,
кандидат физико-математических наук
М. Е. САЧКОВ,
кандидат физико-математических наук
Институт астрономии РАН
О. П. КОЧУХОВ,
кандидат физико-математических наук
Университет Уппсалы, Швеция

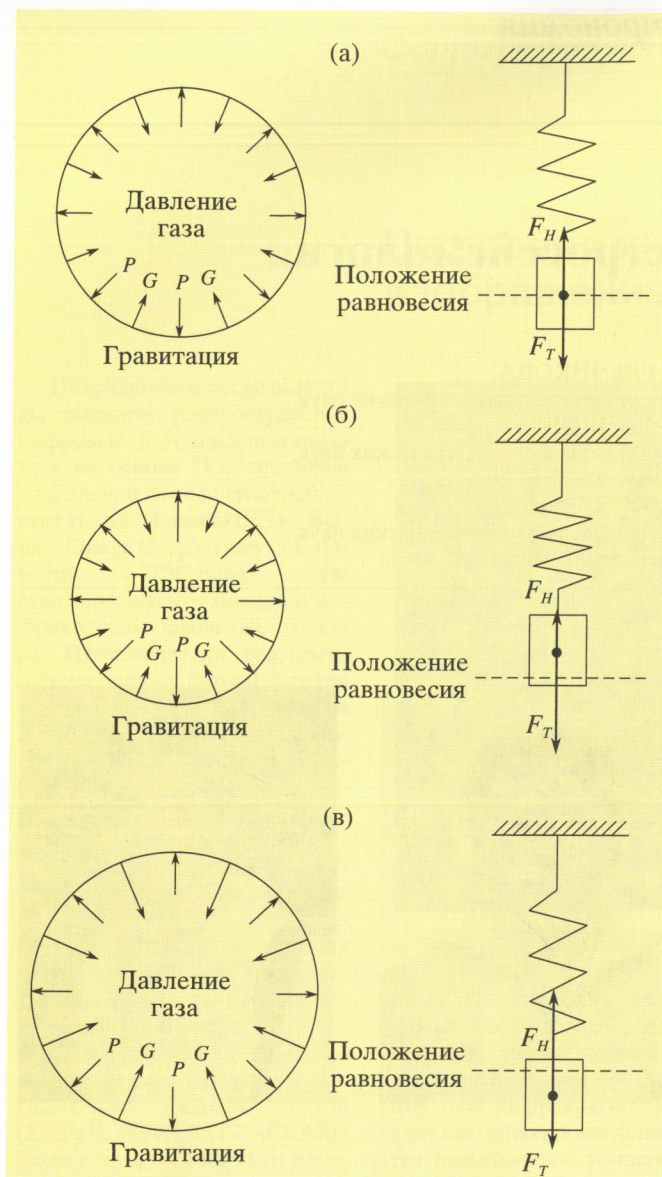


В начале 1960-х гг. на Солнце были обнаружены пульсации, благодаря которым астрофизики получили уникальную возможность "заглянуть" внутрь этой ближайшей к нам звезды. Успехи возникшего тогда нового направления – гелиосейсмологии – Земля и Вселенная

2003, № 3) – подвигли астрономов к поиску подобных пульсаций в звездах солнечного типа, а затем и в звездах всего диапазона масс и светимостей. В результате родилась новая область звездной астрофизики – астросейсмология, бурно развивающаяся в последние де-

сятилетия. Это единственный метод высокоточного исследования внутреннего строения звезд, поскольку их внутренние области недоступны для непосредственного наблюдения.

Цель астросейсмологии – улучшение эволюционных моделей звезд.



ПОЧЕМУ ЗВЕЗДЫ ПУЛЬСИРУЮТ

Звезда удерживается как единое целое благодаря своей тяжести. Гравитация препятствует разбрасыванию звездного вещества в пространство. В свою очередь, давление газа внутри звезды не

позволяет ей сжиматься в точку под действием сил гравитации. У нормальных звезд силы гравитации и газового давления равны. Если же по какой-либо причине это равновесие нарушится, то звезда будет вести себя подобно грузу, подвешенному на пружине. Если груз

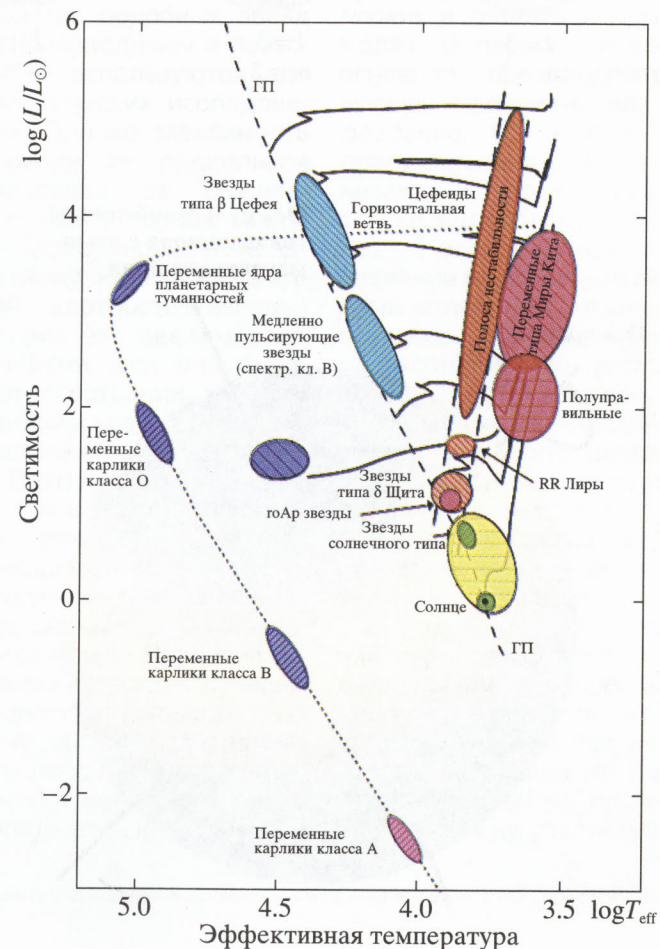
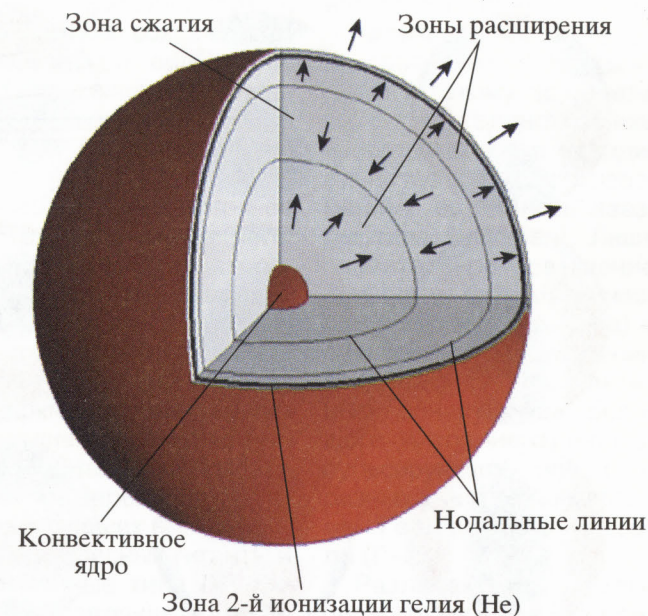
Колебания пульсирующей звезды. Они аналогичны колебаниям груза, подвешенного на пружине: а) звезда в равновесии — давление газа P и гравитация G равны. Это соответствует равенству сил тяжести F_T и натяжения пружины F_H при состоянии равновесия груза на пружине; б) звезда сжата — давление газа стало больше, чем гравитация, что аналогично сжатию пружины ($F_T > F_H$); в) звезда расширена — давление газа меньше гравитации. Это похоже на состояние растяжения пружины ($F_T < F_H$).

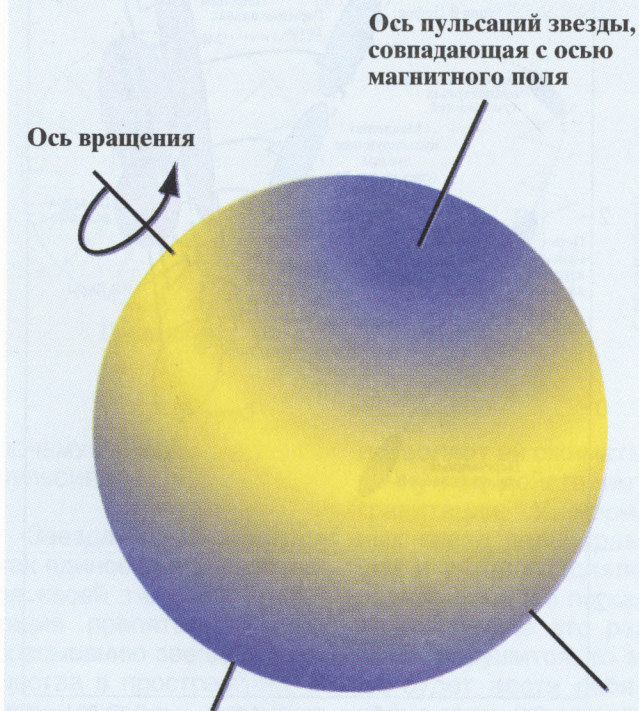
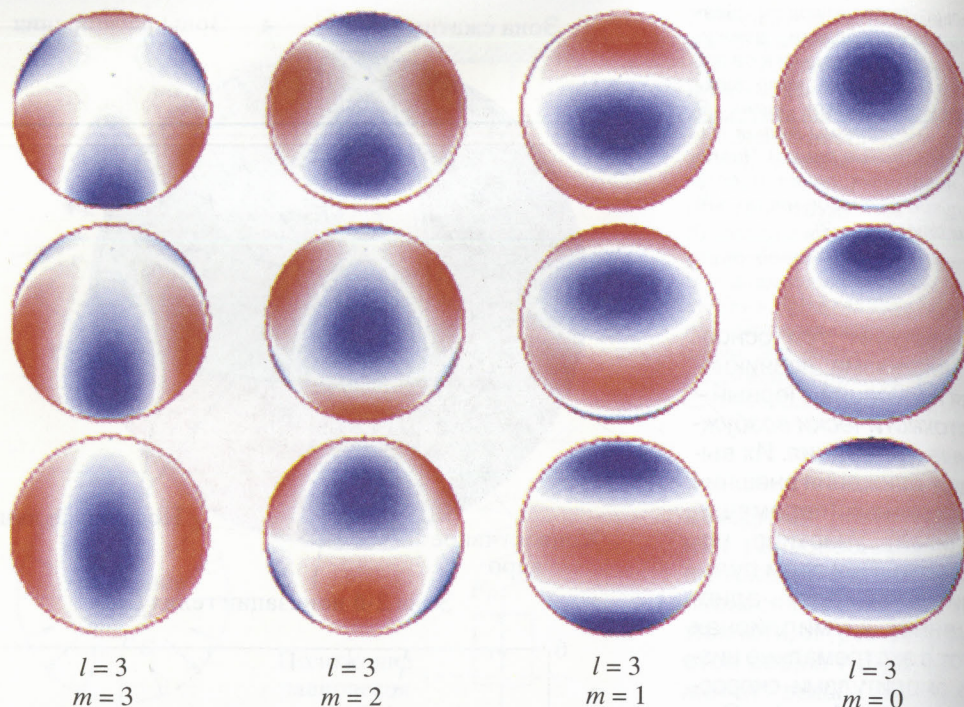
находится ниже положения равновесия, то сила натяжения в пружине становится больше, чем сила тяжести, и груз устремляется вверх. Когда он окажется выше положения равновесия, сила натяжения в пружине уменьшается, и сила тяжести гонит груз вниз. Таким образом, груз по инерции проскакивает мимо положения равновесия и совершает колебательные движения. В грубом приближении звезды ведут себя подобным же образом. Если звезда сжалась, внутри нее повышается давление газа, которое будет выталкивать вещество наружу, и звезда, расширяясь, пройдет положение равновесия. Однако затем сила тяжести окажется больше, чем газовое давление, и газ снова устремится к центру. При сжатии звезды повышается ее температура, а соответственно и светимость, при расширении — температура и светимость уменьшаются (Земля и Вселенная, 1966, № 1).

радиально пульсирующая звезда. Показаны области, движущиеся к центру звезды и к ее поверхности, а также неподвижные границы между ними. В разрезе эти границы видны линиями (нодальными линиями). Число таких нодальных линий и есть радиальное волновое число n (в данном случае $n = 2$).

Существует три основных механизма возникновения пульсаций. Первый — это стохастически возбужденные колебания. Их вызывают движения внешних конвективных (перемешивающихся) участков поверхности. При этом пульсации происходят одновременно в миллионах частот с экстремально низкими амплитудами скоростей порядка 1 см/с. Они существуют всего не-

на диаграмме Герцшпрунга—Ресслера показано расположение основных групп пульсирующих звезд (по данным Кристенсен-Алсгаарда и Джембовского). Зона главной последовательности ГП (пунктирная линия) расположена относительно молодые звезды. В их ядрах происходит горение водорода. Наклон штриховых линий вправо выделяет звезды, пульсирующие в гравитационных модах, влево — в акустических модах. Сплошные линии — эволюционные треки для звезд с массами 1, 2, 3, 4, 7, 12 и 10 $M_{\odot}$. В классической полосе неустойчивости (отмечена двумя линиями с длинными штрихами) располагаются звезды, у которых вследствие определенного сочетания светимости, температуры и химического состава возникли условия для пульсаций. Справа от ГП находятся пульсирующие звезды горизонтальной ветви и ветви красных гигантов, слева — группы звезд, достигших стадии белых карликов.





Примеры нерадиальных пульсаций в звездах. Синие области движутся от центра звезды (к наблюдателю), красные — к центру (от наблюдателя). Линии между ними неподвижны. Общее количество таких линий — нерадиальное волновое число l , а число линий, проходящих через ось вращения звезды, — нерадиальное волновое число m (от $m = 3$ слева до $m = 0$ справа). Показаны различные варианты угла наклона оси вращения звезды: 30° (верхний ряд), 60° (средний ряд), 90° (нижний ряд).

Модель наклонного пульсатора. Ось пульсаций звезды совпадает с осью магнитного поля и расположена под углом к оси вращения. По мере вращения звезды наблюдателю виден то один, то другой магнитный полюс.

олько дней или недель. Так пульсирует Солнце. Однако подобные пульсации, скорее всего, характерны для всех звезд, имеющих конвективные внешние слои.

Второй механизм, самый распространенный, — самовозбужденные колебания. Некоторые слои в звезде эффективно поглощают энергию, излученную ее ядром в течение короткого периода сжатия звезды, а затем отдают полученную энергию за время последующего расширения. Такое самовозбуждение пульсаций называется κ -механизм. Для того чтобы заставить пульсировать всю звезду, слои (зоны ионизации водорода или гелия) внутри звезды должны располагаться особым образом.

Кроме того, пульсации возникают только при конкретном сочетании светимости, температуры и химического состава звезды.

Стохастические и самовозбужденные колебания — это свободные колебания.

Третий механизм возникновения пульсаций — принудительные колебания — реализуется в тесных двойных системах звезд и приводит к появлению колебаний у одного или обоих компонентов системы.

ТИПЫ ПУЛЬСАЦИЙ

Пульсации бывают **радиальные** и **нерадиальные**. При радиальных пульсациях звезда перио-

дически расширяется и сжимается с сохранением сферической симметрии. Это простейший тип пульсаций, возникающий в звездах. Одновременно некоторые области внутри звезды движутся к ее центру, а другие от него. Границы между этими областями, представляющие собой концентрические поверхности, неподвижны. Количество таких поверхностей n называется **радиальным волновым числом**. Наиболее известные примеры радиально пульсирующих звезд — цефеиды, красные гиганты и переменные типа RR Лиры. Подавляющее большинство подобных звезд монопериодичны и поэтому не используются для сейсмических исследований. Однако зависимость периода их радиальной пульсации от средней плотности (период обратно пропорционален квадратному корню из средней плотности звезды) делает эти звезды важнейшими для определения расстояний во Вселенной и космологических постоянных.

В отличие от радиально пульсирующих звезд наблюдаемые проявления нерадиальных пульсаций — следствие периодических отклонений формы звезды от сферы. Вариации видимого блеска и лучевых скоростей (скоростей по лучу зрения, направленных либо к наблюдателю, либо от него), вызванные нерадиальными колеба-

ниями, как правило, значительно менее заметны по сравнению с радиальными. Поэтому до начала 1970-х гг. единственным известным типом нерадиально пульсирующих переменных оставались звезды типа β Цефея¹. Лишь значительное повышение точности фотометрических (измерение блеска) и спектральных измерений позднее сделало возможным обнаружение большого числа нерадиально пульсирующих звезд в разных участках диаграммы Герцшпрунга-Рессе-ла (Г-Р).

Различают звезды, пульсирующие в **акустических** и **гравитационных** модах. В первом случае основная противодействующая колебаниям сила — **давление**. Во втором — **плавучесть** (аналог выталкивающей архимедовой силы в жидкостях на Земле). Наиболее важное различие между этими видами колебаний — разная зависимость их амплитуды от расстояния до центра звезды. Гравитационные колебания имеют большие амплитуды около центра звезды и довольно быстро затухают к поверхности, тогда как амплитуды акустических колебаний растут в оболочке звезды.

Нерадиальные пульсации характеризуются **нерадиальными волновыми числами** l и m : l показывает общее количество неподвижных линий на поверхности звезды, граничных между участками,

¹ Массивные (до $8 M_\odot$) звезды с периодами пульсаций в несколько часов обычно имеют одновременно несколько периодов пульсаций.

движущимися в противоположных направлениях, а m – количество таких линий, проходящих через ось вращения звезды (очевидно, $|m| \leq l$).

Принадлежность звезд к радиально или нерадиально пульсирующим зависит от значений волновых чисел. Пульсации с $l = 0$ и $m = 0$ – радиальные, поскольку на поверхности звезды не будет неподвижных линий. Концентрические поверхности внутри звезды, дающие радиальное волновое число n , тоже присутствуют в нерадиально пульсирующих звездах.

Существуют звезды, пульсирующие сразу с несколькими периодами (в нескольких модах). Это наилучшие объекты для астросейсмологического исследования. Интерпретация набора частот пульсаций дает детальную информацию об их внутреннем строении, позволяющую проверять и улучшать теоретические модели.

ПУЛЬСАЦИИ В ЗВЕЗДАХ СОЛНЕЧНОГО ТИПА

Пульсации – это не что иное, как *стоячие волны* (примером таких волн могут служить колебания в натянутой струне, закрепленной с двух концов), проникающие глубоко внутрь звезды. Частота, с которой они проявляются на поверхности, зависит от особенностей внутреннего строения звезды. Поэтому их внутреннее строение можно исследовать, определяя эти частоты.

Значение частоты пульсации звезды предсказывает теория *акустических пульсаций*. Эти величины математически связаны с такими параметрами, как *большой и малый частотные интервалы* ($\Delta\nu$ и $\delta\nu$). Они возникают между частотными максимумами колебаний с различными волновыми числами. Первый зависит от средней плотности звезды, а второй характеризуется особенностями строения звездного ядра. Зная величины этих параметров, можно определить массу звезды и, следовательно, возраст, так как состав ядра и его масса меняются по мере превращения водорода в гелий. Таким образом, малый частотный интервал отражает стадию эволюции звезды. До настоящего времени уверенно установить обе величины большого и малого частотных интервалов удалось только для Солнца.

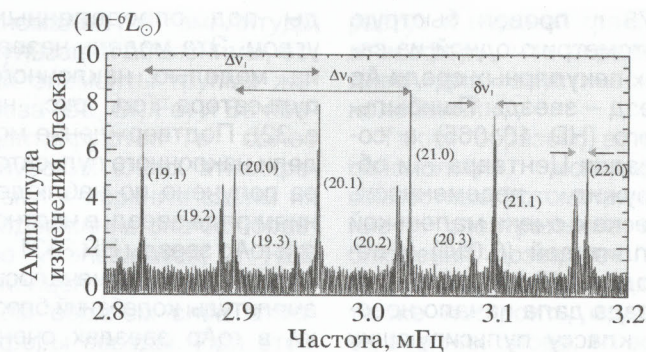
Следует отметить, что при вращении звезды происходит расщепление частот нерадиальных пульсаций. Во вращающейся звезде движение элемента ее массы зависит не только от сил тяжести и давления, но также от кориолисовой и центробежной сил. В результате вместе с частотой, которая наблюдалась бы в не вращающейся звезде, появляются еще две. Зная эти частоты, мы можем найти и величину скорости вращения звезды. Такие наблюдения Солнца позволили воссоздать картину его вращения: дифференциальное вращение

конвективной солнечной оболочки и практически твердотельное вращение внутренних слоев (ранние теории предсказывали дифференциальное вращение во всех, а не только в верхних слоях Солнца).

Стохастически возбужденные колебания характеризуются малыми амплитудами, которые очень трудно наблюдать. Тем не менее высокоточные измерения лучевых скоростей, основанные на эффекте Доплера, дали возможность уверенно обнаружить у звезд колебания, подобные солнечным. Удивительно то, что спектрографы для высокоточного определения скоростей были построены с целью поиска планет около звезд солнечного типа. Поиск пульсаций, аналогичных солнечным, в звездах, значительно менее массивных, чем Солнце, – одна из основных задач нескольких космических экспериментов.

В настоящее время успешно работает канадский спутник **“MOST”** (Microvariability and Oscillations of STars – микропеременность и осцилляции звезд), запущенный 30 июня 2003 г. с помощью российской ракеты-носителя **“Рокот”**. Он способен измерять колебания блеска ярких звезд с точностью $(10^{-7})^m$. В 2006 г. планируется запуск европейской обсерватории **“COROT”** (COncvection, ROTation and planetary Transits – конвекция, вращение и прохождение околозвездных планет по дискам звезд), а в 2008 г. – американско-

асток спектра Солнца (по данным **“SOHO”**). Показаны большой частотный интервал $\Delta\nu_1$, который возникает между частотными максимумами двух колебаний с волновыми числами $(n-1, l)$ и (n, l) ; и малый частотный интервал $\delta\nu_1$, равный разности частотных максимумов между колебаниями со значениями волновых чисел (n, l) и $(n-1, l+2)$.



КА **“Kepler”** (Земля и Марс, 2002, № 4), важнейшие научные цели которых – астросейсмологические исследования и поиск экзопланет, поскольку обе эти задачи основаны на изучении пульсаций звезд.

ПУЛЬСИРУЮЩИЕ МАГНИТНЫЕ ПОЛУКРУПНЫЕ ЗВЕЗДЫ

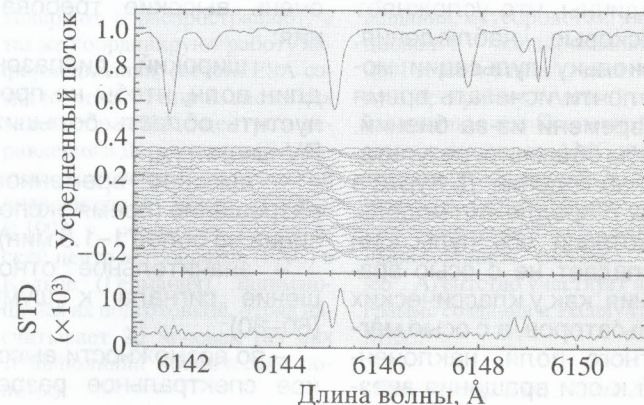
На главной последовательности (ГП) диаграммы Герцшпрунга–Рессела есть область в интервале температур 8000–12 500 К, где пульсирующие звезды не наблюдаются. В эту область попадает большинство магнитных химически пекулярных звезд

(Ар звезд). Они в отличие от обычных А и В звезд обладают достаточно сильным упорядоченным атмосферным магнитным полем, а также значительным содержанием в атмосфере химических элементов тяжелее кальция (Ca). Легких элементов (He, C, N, O), как правило, мало в их атмосферах; исключение составляет кремний (Si), который в горячей части Ар звезд имеется в избытке, до двух порядков больше по сравнению с солнечной атмосферой. Из-за сильных глобальных магнитных полей Ар звезды считаются очень стабильными и не подверженными различным воз-

мущениям. Эти звезды вращаются гораздо медленнее, чем нормальные звезды того же спектрального класса. Однако в полосе неустойчивости диаграммы Г–Р находятся самые холодные Ар звезды с эффективными температурами $T_{\text{эфф}} \leq 8000$ К. Там расположено подавляющее большинство переменных типа δ Щита, RR Лиры, цефеиды, которые пульсируют в низких оборотах радиально и нерадиально. Их называют *классическими пульсаторами*.

Все Ар звезды считаются обедненными гелием и пульсировать, вроде бы, не должны. Английский астроном Д. Куртц в

асток спектра γ Ar звезды γ Динорога. Вверху – спектр, полученный усреднением серии наблюдаемых спектров. В центре показаны отклонения наблюдаемых спектров от среднего. Внизу – усреднение (стандартное отклонение STD) представлено на графике. Если линия не вызывает пульсационных изгибов, то STD представляет собой просто шумовую дорожку. Если линия пульсирует, то является резкий пик на STD амплитуды лучевых скоростей в линиях редкоземельных элементов REE (например, линия γ Динорога Nd III, $\lambda = 6145$ Å).



1978 г. провел быструю фотометрию одной из самых пекулярных среди Ар звезд – звезды Пшибыльского (HD 101065) в созвездии Центавра – и обнаружил переменность блеска с очень маленькой амплитудой (0.01^m) и периодом 12.15 мин. Эта звезда дала начало новому классу пульсирующих звезд, которые называются гоАр звезды (rapidly oscillating Ap stars – быстро пульсирующие химические пекулярные звезды спектрального класса А). В настоящее время известны 32 звезды этой группы, обнаруженные по фотометрическим изменениям блеска. Они лежат в интервале эффективных температур 6400–8100 К в средней части ГП. Периоды пульсаций очень короткие, 5–15 мин, с амплитудой (от пика к пику) $0.0008–0.015^m$. Отсюда следуют необычайно высокие требования к точности наблюдений этих звезд. Диапазон их магнитных полей очень велик: почти от нуля (HD 203932) до среднего поверхностного поля, порядка 8 кГс (HD 166473). Большинство гоАр звезд мультипериодичны, что усложняет поисковые наблюдения, поскольку пульсации могут почти исчезать время от времени из-за биений. Чтобы объяснить результаты наблюдений, Д. Куртц в 1982 г. предложил модель, в которой ось пульсаций совпадает не с осью вращения, как у классических пульсаторов, а с осью магнитного поля, наклоненной к оси вращения звезд

ды под определенным углом. Эта модель названа моделью наклонного пульсатора (см. рис. на с. 32). Подтверждение модели наклонного пульсатора получено по наблюдениям ряда звезд, в частности гоАр звезды HR 3831.

Как уже отмечалось, амплитуды колебаний блеска в гоАр звездах очень малы, но первые наблюдения колебаний лучевых скоростей (RV) показали, что RV-амплитуды могут быть весьма большими и очень сильно зависят от химического элемента, по спектральной линии которого проводятся наблюдения. У гоАр звезд спектр меняется с периодом пульсации. При этом пульсируют только линии редкоземельных элементов (REE), как, например, у γ Единорога. Линии элементов С, N и Fe практически не пульсируют. RV-амплитуды линий REE достигают у γ Единорога 1 км/с. Типичные наблюдаемые RV-амплитуды по этим линиям в других гоАр звездах обычно меньше (в пределах 50–300 м/с), поэтому к спектроскопическим наблюдениям гоАр звезд предъявляются очень высокие требования:

- широкий диапазон длин волн, чтобы не пропустить область больших RV-амплитуд;

- высокое временное разрешение (время экспозиции не более 1–1.5 мин);

- значительное отношение сигнала к шуму (60–80);

- по возможности высокое спектральное разре-

шение, чтобы исследовать пульсационное поведение отдельных линий.

Как правило, известные гоАр звезды слабее 7^m , поэтому подобные наблюдения возможны только с помощью спектрографов самых больших телескопов. В настоящее время анализ переменности пульсационных лучевых скоростей отдельных линий проведен только для шести гоАр звезд. Во всех случаях наблюдается одна и та же картина: максимальные амплитуды показывают линии редкоземельных элементов в первой и второй стадиях ионизации. Линии обычных элементов дают амплитуды почти на порядок меньше либо не пульсируют совсем. В обычных звездах при таких температурах линии редкоземельных элементов не наблюдаются при содержании этих элементов, как на Солнце. Например, чтобы сформировать линию неодима (Nd III) такой глубины, как у γ Единорога, его содержание в атмосфере звезды должно быть на несколько порядков выше, чем в солнечной атмосфере. Это относится ко всем редкоземельным элементам. Такая избирательная пульсация лучевых скоростей в линиях отдельных элементов не может происходить в атмосфере звезды с однородным химическим составом, следовательно, различные элементы содержатся в совершенно разных слоях атмосферы. Это явление называется *стратификацией химичес-*

ких элементов звезды. О такой стратификации в атмосферах магнитных химически пекулярных звезд свидетельствуют и другие особенности, наблюдаемые в спектрах. Для атмосферы γ Единорога был проведен анализ стратификации химических элементов. Выяснилось, что большинство наблюдаемых спектральных

Информация

Европейскому космическому агентству – 30 лет

Европейское космическое агентство (ESA) официально начало свою работу 31 мая 1975 г. Основная задача организации – создание космических аппаратов различного назначения и координация работ стран-участниц в области космонавтики. ESA было создано на базе Европейского управления по космическим исследованиям (ESRO) и частично Европейской организации по разработке ракет-носителей (ELDO). В день открытия в нем уже работало 1454 человека, из них до сих пор сотрудники ESA – 206 человек. Сейчас в этой организации трудится около 1900 специалистов из всех стран-участниц. Членами агентства являются 16 европейских стран: Австрия, Бельгия, Великобритания, Германия, Греция, Дания, Ирландия, Италия, Испания, Нидерланды, Норвегия, Португалия, Финляндия, Франция, Швейцария и Швеция. Предполагается, что в этом году членом ESA станет Люксембург. По уровню финансирова-

ния и участия в программах главную роль играют Франция и Германия. Бюджет ESA составляет около 3 млрд. евро. Главное управление находится в Париже, там же заседает Совет агентства, состоящий из представителей стран-членов, а также комитеты, занимающиеся научными программами, индустриальной политикой, международными отношениями и организационно-финансовыми вопросами. Есть штаб-квартира ESA и в Москве, хотя Россия не входит в его состав.

Европейский центр по космическим исследованиям (ESTEC), расположенный в Нордвейке (Голландия), занимается научными и пилотируемыми программами. Во Фраскати (Рим, Италия) находится Европейский институт космических исследований (ESRIN), где научную информацию обрабатывают, архивируют и распространяют, а также координируют работу информационных систем. ESA создало сеть станций слежения за полетами КА с центром управления в Дармштадте (Германия) – Европейский космический операционный центр (ESOC). В 1992 г. образован Европейский центр астронавтов (EAC) в Кельне (Германия), занимающийся их подготовкой, отряд насчитывает 20 человек (из них 16 выполнили космические полеты).

аномалий и амплитуды пульсаций объяснимы, если элементы группы железа (Ca, Cr, Fe) и Ba концентрируются в более глубоких слоях атмосферы и к верхним слоям их содержание скачкообразно уменьшается, а REE сконцентрированы в тонком верхнем слое атмосферы звезды. При этом амплитуды пульсаций

растут к верхней границе атмосферы, что справедливо для акустических колебаний.

Таким образом, астро-сейсмология, используя совместные фотометрические и спектральные наблюдения, позволяет “заглянуть” внутрь звезды, а также построить модель ее верхних слоев, то есть атмосферы.

В 1968 г. во Французской Гвиане был построен космодром Куру, откуда 5 ноября 1971 г. стартовала первая европейская ракета-носитель. Сегодня здесь функционирует 3 стартовых комплекса для европейских РН серии “Ariane”. 24 декабря 1979 г. осуществлен первый старт “Ariane-1”, к середине 2005 г. с Куру состоялось 180 запусков носителей, из них 116 “Ariane-4” и 22 “Ariane-5”. Началось строительство четвертой стартовой площадки для российской РН “Союз-2”, запуск запланирован на 2007 г. Первый спутник ESA “Cos-B” вышел на орбиту 9 августа 1975 г. для регистрации источников гамма-излучения. В последующие годы исследования проводили 11 космических астрофизических и солнечных обсерваторий, 5 АМС. Кроме научных, выведены на орбиты спутники связи и телевидения, метеорологи, дистанционного зондирования. В 2001 г. ESA заявило долгосрочную программу “Aurora” по исследованию тел Солнечной системы с помощью АМС и пилотируемых экспедиций. В 2006 г. начнется развертывание группировки спутников европейской навигационной системы “Galileo”. Агентство участвует в программе создания и эксплуатации МКС.

Пресс-релиз ESA, 31 мая 2005 г.

Гигантские гамма-всплески и магнитары

С. Б. ПОПОВ,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Гигантская вспышка источника мягких повторяющихся гамма-всплесков (МПГ), зарегистрированная 27 декабря 2004 г., вызвала огромный интерес. Это самая мощная вспышка среди наблюдавшихся с момента открытия МПГ. Когда происходят подобные астрономические события, ленты новостей начинают пестрить сообщениями о "катастрофическом взрыве во Вселенной" или же о том, что "Земля чудом избежала гибели". Что представляют собой такие явления и опасны ли они для Земли?

ИСТОРИЯ ОТКРЫТИЯ МПГ

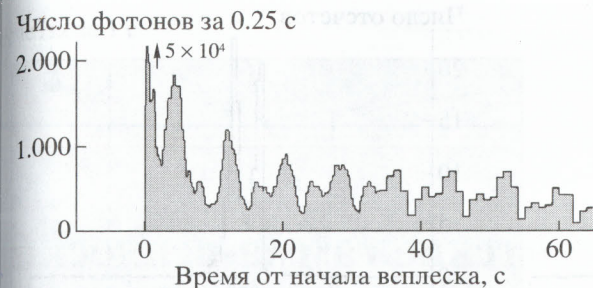
Изучение МПГ тесно связано с исследованиями космических гамма-всплесков. Как известно, в середине 1960-х гг. с помощью американских разведывательных спутников "Vela" (от испанского *velar* — наблюдать, следить), предназначенных для слежения за наземными ядерны-



ми испытаниями, были обнаружены космические гамма-всплески. Они привлекли внимание ученых своей загадочностью. Вплоть до конца 1990-х гг. не удавалось зафиксировать вспышку или ее последствия вне гамма-диапазона. Уже в 1970-е гг. было запущено множество спутников с приборами для регистрации всплесков гамма-излучения. Такая аппаратура стояла и на отечественных АМС "Венера-11" и "Венера-12" (Земля и Вселенная, 1979, № 4). Исследования проводила

группа Е.П. Мазеца из Физико-технического института (ФТИ) им. А.Ф. Иоффе. Приборы регулярно регистрировали приходящие из глубокого космоса гамма-вспышки. И вот 5 марта 1979 г. детекторы вдруг зашкалили из-за необычайно мощного потока гамма-излучения. Вспышка длительностью около четверти секунды "ослепила" аппаратуру. Когда же она "прозрела", то смогла записать лишь "хвост" вспышки, в котором обнаружили пульсации с периодом около 8 с. Так был открыт первый МПГ — FXP 0520-66 (Flaring X-ray Pulsar: $\alpha = 05^{\circ}20'$, $\delta = -66^{\circ}$).

Восьмисекундные пульсации говорят о том, что источник может быть нейтронной звездой. Стабильность периода указывает на вращение объекта. Регистрация вспышки другими спутниками позволила точно определить местоположение ее источника. Он оказался расположенным в Большом Магеллановом Облаке, вблизи ос-



тка сверхновой. Оценка энергии вспышки изумляет — объект за доли секунды выделил около 10^{44} эрг. Солнце излучает столько за тысячи лет. Отметим, что точной оценки светимости таких источников нет из-за "ослепления" аппаратуры во время вспышки. Таким образом зарегистрировать поток излучения в максимуме невозможно. Стало ясно, что открыт новый тип источников. Поскольку всплески более мягкие (основная энергия уносится менее энергичными квантами), чем обычные гамма-всплески, и повторяются, то такие объекты стали называть **источниками мягких повторяющихся гамма-всплесков — МПГ** (Soft Gamma Repeaters — GR).

МПГ АКТИВНОСТИ МПГ

Итак, первый МПГ открыт в 1979 г. в Большом Магеллановом Облаке. Со временем было обнаружено еще три источника, находящихся в нашей Галактике и проявляющих всплесковую активность. До настоящего времени от этих четырех источников зарегистрировано множество всплесков, которые раз-

деляют на три типа: слабые, промежуточные, гигантские.

Чаще всего происходят слабые. Они длятся доли секунды. Их энергия до 10^{41} эрг. Всплески распределены по времени очень неравномерно. Обычно слабые вспышки сопутствуют сильным. Когда число слабых всплесков возрастает, можно ожидать более мощный (например, всплеск 27 декабря 2004 г. был предсказан, так как наблюдалось увеличение числа слабых вспышек).

Промежуточные вспышки происходят существенно реже. Отмечено всего несколько подобных событий. Иногда они, как и вспышка 5 марта 1979 г., сопровождаются пульсирующими хвостами.

Гигантские вспышки очень редки. За 30 лет было зарегистрировано всего четыре таких всплеска (или даже три: один из четверки по своим характеристикам отличается от остальных). Причем пока наблюдалось по одной вспышке от каждого из четырех известных МПГ. Первый гигантский всплеск — уже упомянутое историческое событие 5 марта 1979 г. Второй был зарегистрирован 18 июня 1998 г.

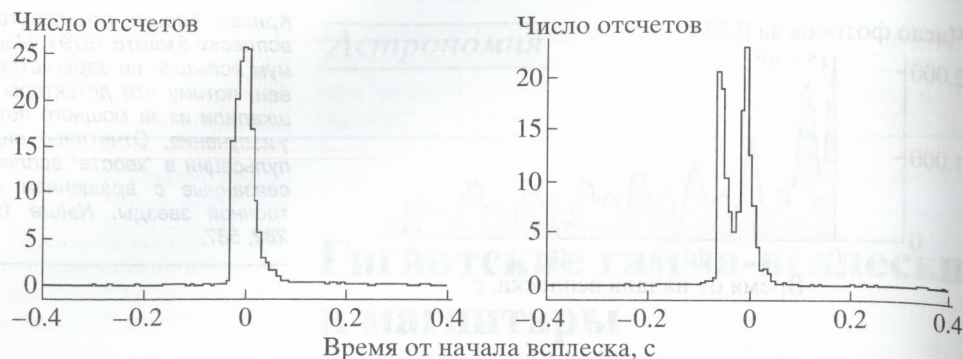
Кривая блеска гигантского γ -всплеска 5 марта 1979 г. Максимум вспышки не зарегистрирован, потому что детекторы зашкалили из-за мощного потока γ -излучения. Отчетливо видны пульсации в "хвосте" всплеска, связанные с вращением нейтронной звезды. *Nature* 1979, 282, 587.

от МПГ 1627-41. Его часто причисляют к промежуточным. Третий "гигант" отмечен 27 августа 1998 г. и уже тогда вызвал немало дискуссий (это была первая бесспорно гигантская вспышка, обнаруженная в нашей Галактике). И, наконец, четвертый — гипервспышка 27 декабря 2004 г. Некоторые авторы выделяют ее в отдельный класс.

Поскольку по четырем событиям нельзя сделать достоверных выводов, то разделение всплесков на типы по мощности пока принято в большой степени условно. Четкой границы между всплесками разных типов нет. Вполне вероятно, что с накоплением данных все они сольются в единый спектр активности МПГ.

ВСПЫШКА 27 ДЕКАБРЯ 2004 г.

27 декабря 2004 г. фактически все спутники, работавшие в жестких диапазонах, зарегистрировали всплеск МПГ SGR 1806-20. Их аппаратура "ослепла" на время первого острого импульса. Любопытно, что, хотя эта вспышка оказалась самой мощной за всю историю наблюдений МПГ, именно для нее есть



Кривые блеска двух слабых всплесков источника SGR 1806-20. Видно, что всплески очень короткие и имеют простую форму. По вертикальной оси отложено число квантов (в тысячах), зарегистрированных детектором за одну секунду (Вудс и Томпсон, 2004 г.).

некоторая информация о потоке в максимуме. Такие данные удалось получить лишь российским ученым группы **Е.П. Мазеца**. Им помогло замечательное обстоятельство. Один из их приборов (Геликон) был установлен на космической солнечной обсерватории «Корона-Ф» (Земля и Вселенная, 2002, № 6). В момент всплеска спутник находился в тени Земли и поэтому прямое излучение от МПГ зарегистрировать не смог. К счастью, ему удалось поймать отражение всплеска от Луны!!! Поскольку мощность отраженного сигнала меньше, чем прямого, Геликон не зашкалил и смог записать форму импульса в максимуме.

Оценки показывают, что всплеск превзошел по мощности все предыдущие в десятки раз. Точно оценить полную светимость трудно, так как расстояния до SGR 1806-20 известно не точно. Обычно это расстояние принимают равным 15 кпк (возможно,

оно несколько меньше). По последним данным, расстояние как минимум превышает 6 кпк. Следовательно, оценка выделившейся энергии сильно не понизится.

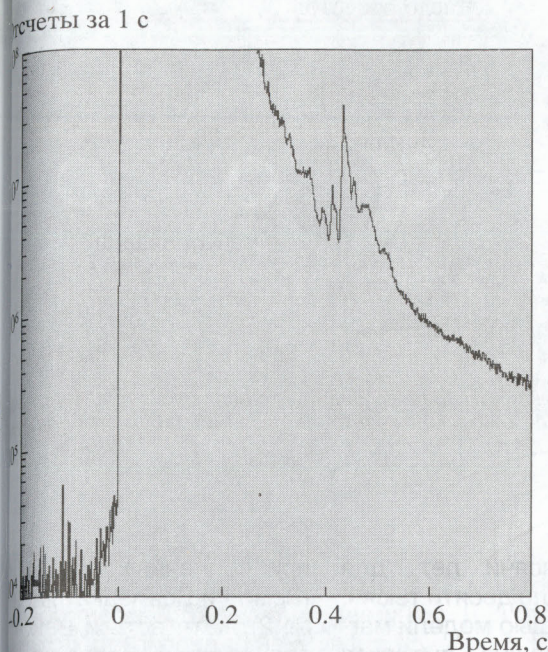
При определении светимости принимается, что источник излучал во все стороны одинаково. Однако не исключено, что излучение несимметрично. Например, излучение космических гамма-всплесков характеризуется высокой степенью коллимации, то есть оно заключено в узком конусе. Если излучение во время вспышки 27 декабря было направленным, величину полной энергии всплеска нужно существенно уменьшить. Пока нет серьезных оснований полагать, что этот эффект значителен. В частности, радионаблюдения показывают, что, возможно, асимметрия невелика.

После всплеска 27 декабря удалось зарегистрировать радиоизлучение от МПГ. С помощью системы

радиотелескопов VLA (Very Large Array, США) 3 января 2005 г. был обнаружен радиосигнал, который является «послесвечением» (afterglow) всплеска. До этого не удавалось обнаружить радиоизлучение МПГ ни в активном, ни в спокойном состоянии (было лишь одно сообщение о регистрации источника SGR 1900 + 14 с помощью радиотелескопа в Пушчине на частоте около 111 МГц). Радиоисточник оказался протяженным. Его размеры растут из-за разлета вещества со скоростью порядка 0.2–0.3 скорости света, что укладывается в современные модели активности МПГ.

ЧТО ТАКОЕ МАГНИТАРЫ?

В настоящее время из нескольких теорий, объясняющих свойства МПГ и родственных им объектов, аномальных рентгеновских пульсаров — АРП (AXP — Anomalous X-ray Pulsars), приоритет отдается двум. Первая — объ-



Кривая блеска гигантского всплеска 27 декабря 2004 г., по данным космической обсерватории «Swift». Хорошо видно, что в максимуме всплеск был слишком мощным, и приборы не смогли зарегистрировать его форму. Временное разрешение — всего 1 мс! По вертикальной оси отложено откорректированное количество фотонов в секунду (Палмер и др., 2005 г.).

го). Этим можно объяснить большие периоды и замедление вращения АРП и МПГ. Однако понять причину вспышек нельзя. В настоящее время эта теория не пользуется популярностью.

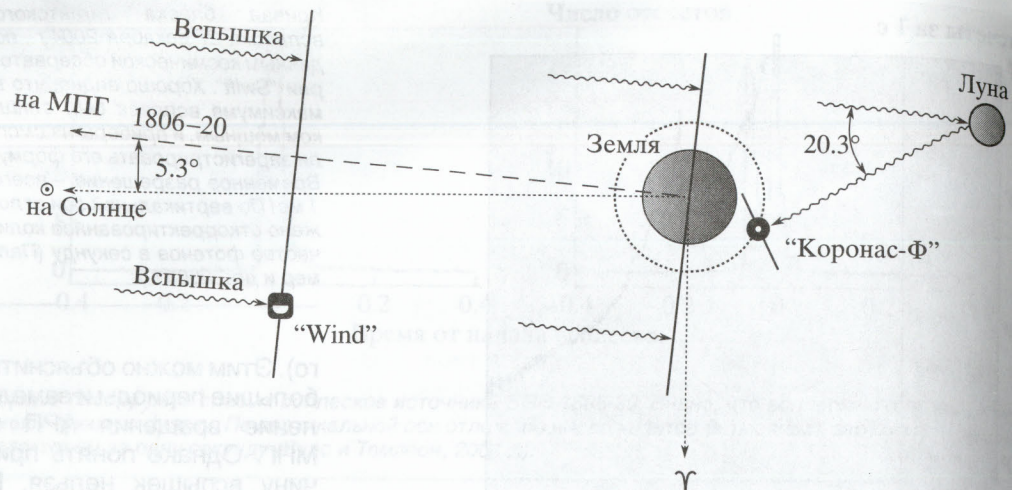
Обратимся к модели **магнитаров**¹. Модель магнитара родилась в 1992 г. Наиболее последовательно разрабатывали эту теорию американские ученые К. Томпсон и Р. Дункан. Одновременно с их первой работой в 1992 г. появилась статья В. Усова, где высказывалась гипотеза о том, что сверхзамагниченные нейтронные звезды с миллисекундными периодами могут быть связаны с космическими гамма-всплесками. Длинные периоды и их быстрое увеличение объясняются наличием у нейтронной звезды большого (порядка 10^{14-15} Гс) магнитного поля. Существенно, что постоянная (невспышечная) светимость и МПГ, и АРП превосходит потери вращательной энергии. Это отличает данные источники от обычных радиопулсаров. Авторы определя-

ние с помощью околозвездных дисков и вторичных магнитных полей. В обеих теориях используются два ключевых факта: длинные (в сравнении с радиопулсарами) периоды вращения нейтронных звезд и быстрое увеличение этих периодов.

Когда в середине 90-х гг. заметили, что есть небольшая группа рентгеновских пульсаров с периодами порядка 10 с, ни были выделены в отдельный класс — АРП. Для всех этих источников характерно постоянное увеличение периода пульсаций, обусловленное замедлением вращения нейтронной звезды. Кроме того, ни у одного из этих

объектов не удалось зарегистрировать излучения оптического компаньона. Появилось предположение, что все АРП не двойные системы (как обычные рентгеновские пульсары), а одиночные нейтронные звезды. Уже в середине 1990-х гг. была высказана гипотеза, что АРП — это нейтронные звезды, окруженные аккреционным диском. Такой диск мог возникнуть либо вследствие разрушения компаньона, либо из-за обратной аккреции (fall-back) при образовании нейтронной звезды (выброшенное в результате взрыва вещество частично оказывается гравитационно связанным с образовавшимся компактным объектом и постепенно выпадет на не-

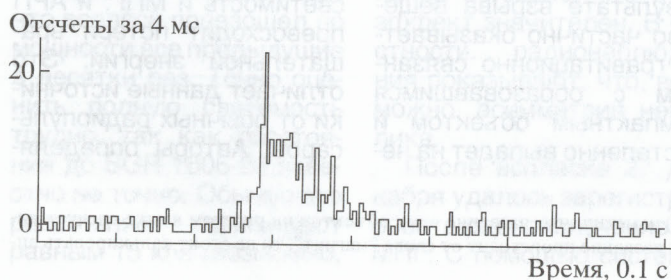
¹ Д.Г. Яковлев (ФТИ им. А.Ф. Иоффе) заметил, что название этих объектов на русском языке следует писать именно через «и». В самом деле, коли название происходит от слова «магнит», то не стоит калькировать английское «magnetar».



Расположение КА "Wind" и "Коронас-Ф" в момент вспышки 27 декабря 2004 г. "Коронас-Ф" зафиксировал сигнал, отраженный от Луны (Е.П. Мазец и др., 2005 г.).

ют магнитары как объекты, в которых не вращение, а именно магнитное поле ответственно за основной вклад в их энергетiku. Возможно, она обеспечивается распадом (затуханием) магнитного поля.

О молодости нейтронных звезд говорит их большое магнитное поле и его распад. Это подтверждает и оценка их возраста по периоду вращения. Возраст МПГ оказывается по-



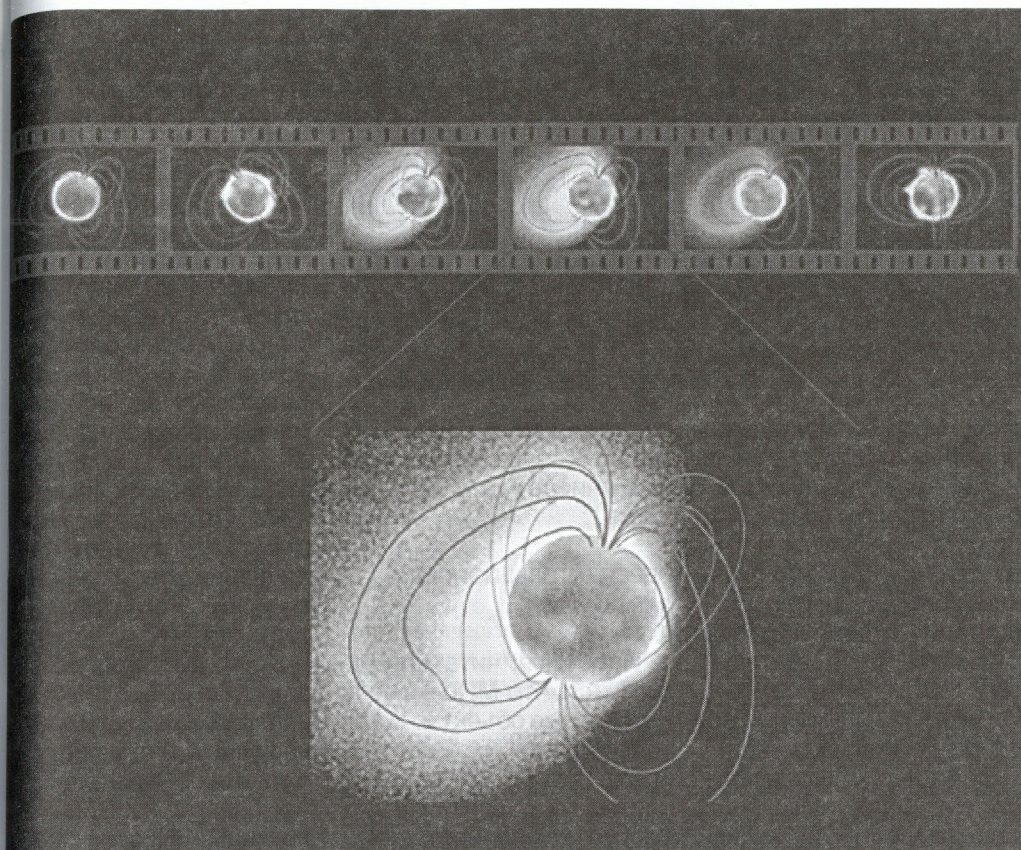
рядка тысячи лет, для АРП — около десяти тысяч.

С помощью модели магнитара можно пытаться объяснить свойства вспышек. Всплески, аналогичные слабым вспышкам МПГ, зарегистрированы и от АРП. Этот факт тесно связывает два типа источников.

Окончательной теории вспышек пока нет, можно указать лишь общие направления, используемые в разных вариантах решения проблемы. Одно из них касается природы энерговыделения, которое происходит в результате замедления пересоединения силовых линий магнитного поля. Подобный процесс происходит

при солнечных вспышках (Земля и Вселенная, 2005, № 2), хотя есть и некоторые отличия, связанные с тем, что в случае магнитаров, во-первых, энергия поля очень велика, а во-вторых, силовые линии "вморожены" в плотное вещество — кору нейтронной звезды. Причиной перестройки магнитосферы может быть подвижка коры, но есть и другие предполо-

Кривая блеска отраженного от Луны сигнала основной части гигантской вспышки 27 декабря, по данным прибора Геликон на спутнике "Коронас-Ф". Это как раз та часть вспышки, которая "ослепила" другие аппараты (см. рисунок с данными "Swift"). Поскольку отраженный сигнал слабее прямого, спутник смог записать форму импульса в максимуме. Этот случай напоминает миф о медузе Горгоне. Только глядя на отражение, удастся не окаменеть. Длительность отраженного всплеска составила менее 0.2 с. Одно деление соответствует 0.1 с. По вертикальной оси отложено количество отсчетов (зарегистрированных квантов) за 4 мс. G2 — средний спектральный канал: 65–280 КэВ (Е.П. Мазец и др., 2005 г.).



примерно так может выглядеть развитие гигантской вспышки магнитара. Всплеск происходит над поверхностью нейтронной звезды. Энергия магнитного поля (образованного линиями) быстро переходит в энергию вспышки. Нейтронная звезда вращается, поэтому после основного пика мы можем наблюдать пульсирующий "хвост", характерный для гигантских всплесков. Рисунок Маллоцци (NASA).

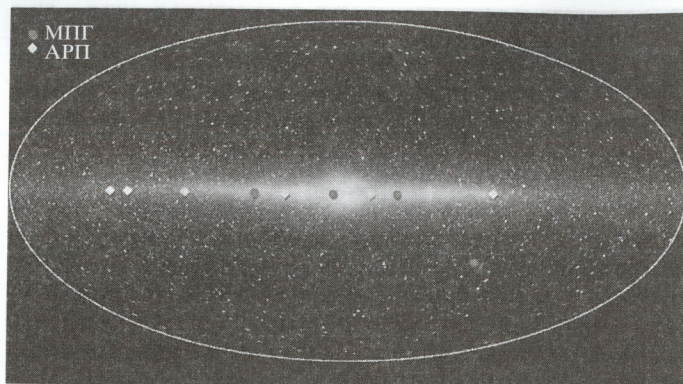
жения. Например, начало всплеска может быть связано с какими-то плазменными неустойчивостями. Замечена любопытная особенность. Распределение энергии в спектрах слабых всплесков аналогично распределению силы землетрясений. По мнению не-

которых исследователей, это можно рассматривать как косвенный аргумент в пользу того, что всплески инициируются "звездотрясениями".

О сильном магнитном поле косвенно свидетельствуют также длинные периоды вращения и их быстрое увеличение. Кроме оценок магнитного поля по темпу замедления вращения нейтронных звезд существуют и прямые измерения. Несколько лет назад по наблюдениям космической рентгеновской обсерватории "RXTE" (Земля и Вселенная, 1997, № 2) удалось получить спектры одного МПГ, в которых различима особая спек-

ральная линия. Наиболее подходящее объяснение наличия этой линии в спектре — протонное циклотронное поглощение (поглощение излучения протонами, вращающимися вокруг силовых линий магнитного поля). Если это предположение верно, то поле оказывается равным 10^{15} Гс, что совпадает с оценкой по замедлению вращения.

Если оценки возраста магнитаров, сделанные по их замедлению, верны, можно попытаться определить, какая доля нейтронных звезд проходит через данную эволюционную стадию. В Галактике сотни миллионов нейтронных



Распределение МПГ и АРП в Галактике. Сайт "Астрономическая картинка дня", 26 ноября 2004 г. (<http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/>).

звезд. Возраст Галактики примерно 10 млрд. лет. Если нам известны несколько магнитаров с возрастом порядка несколько тысяч лет, то очевидно, что лишь некоторый небольшой процент нейтронных звезд рождается со сверхсильными магнитными полями. При этом время жизни магнитара должно быть невелико. За несколько десятков тысяч лет магнитное поле затухает до значений, исключающих активность, проявляемую МПГ и АРП. Следовательно, число магнитаров среди новорожденных нейтронных звезд не так уж мало!

В некоторых новостях, посвященных вспышке 27 декабря, говорилось о том, что, если бы источник располагался на расстоянии в 30 пк от нас, излучение всплеска могло погубить жизнь на Земле. Приведенная выше оценка показывает крайне малую вероятность появления такого редкого и короткоживущего объекта на небольшом расстоянии от Солнечной системы. Даже избыток молодых нейтронных звезд в Поясе Гулда (дискообразная структура размером около 600 пк,

содержащая массивные звезды), существенно не увеличивает эту вероятность.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКА ДАЛЕКИХ МПГ

Надеемся, читатель согласится, что МПГ — очень интересные объекты. Жаль только, что их известно всего четыре (плюс один кандидат). В связи с краткостью жизни нейтронной звезды на данной стадии надежда обнаружить другие МПГ в нашей Галактике невелика. Тогда, пожалуй, стоит поискать их в других галактиках. Ведь гигантские вспышки МПГ можно наблюдать с достаточно больших расстояний. Прибор BATSE — Burst And Transient Source Experiment (Земля и Вселенная, 1991, № 6) на борту Комптоновской обсерватории "CGRO" (Compton Gamma-Ray Observatory) способен увидеть вспышку, подобную всплеску 5 марта, с расстояния в несколько Мпк, а гипервсплеск, подобный событию 27 декабря, — на расстоянии в десятки Мпк.

Если МПГ — очень молодые нейтронные звезды, то их больше там, где сей-

час рождается много массивных звезд и где много взрывов сверхновых. Интенсивное звездообразование в окрестности 4–5 Мпк от Солнечной системы происходит, например, в четырех галактиках: M82, NGC 253, M83, NGC 4945. Стало быть, именно оттуда стоит ждать прихода всплесков от внегалактических магнитаров. Автор статьи и Б. Штерн (АКЦ ФИАН) просмотрели архив BATSE, однако подходящих кандидатов не обнаружили. Это может говорить о том, что максимальная энергия вспышек, аналогичных 5 марта 1979 г., чуть ниже, чем это принято считать, и, соответственно, предельное расстояние для детектирования их на BATSE меньше, чем 3–4 Мпк.

Гипервспышки, возникающие на расстоянии порядка 50 Мпк, можно искать в более экзотических галактиках. Примерно в 40 Мпк от нас находятся две "фабрики сверхновых" — галактики Arp 299 и NGC 3256. Предполагается, что всплески, подобные 27 декабря, происходят в них раз в год. Наш анализ каталога BATSE выявил несколько интересных кандидатов, однако пока рано говорить о том, что мы обнаружили аналоги гипервспышки от источника МПГ 1806-20.

Есть надежда, что в галактиках, где много активных магнитаров, могут быть источники и помощнее уже известных. Ведь если вспышка даст еще более плодородная нейтронная звезда, период вращения которой короче, а магнитное поле сильнее, чем у галактических МПГ, то энергия всплеска превысит 10^{46} эрг. Кроме отдельных галактик с мощным звездообразованием, вероятно, то в какой-то из сотен галактик скопления в Деве

вспыхнет магнитар. Не исключено, что находящиеся сейчас на орбите обсерватории, в первую очередь "Swift" (Земля и Вселенная, 2005, № 2), а может быть "Integral" и "HETE-2", увидят гигантские всплески от МПГ этого скопления, ведь поле зрения приборов данных спутников достаточно велико, чтобы охватить сразу все скопление.

Мощные вспышки происходят чрезвычайно ред-

ко. Было бы заманчиво детектировать слабые вспышки от внегалактических МПГ. Однако существующая техника пока неспособна их регистрировать. Надеемся, что в будущем рентгеновские спутники смогут наблюдать такие всплески с расстояний в несколько (а может, и в десятки мегапарсек). Тогда основными "мишенями" приборов станут все те же галактики с мощным звездообразованием.

Информация

Первый тройной астероид

Астрономы Европейской Южной Обсерватории (ESO) обнаружили второй небольшой спутник у астероида Сильвия (№ 87), открытого еще в 1866 г. Американский астроном Фрэнк Марчис из Калифорнийского университета и его французские коллеги из Парижской обсерватории подтвердили существование единственной пока тройной астероидной системы.

Поскольку Сильвия получила свое имя в честь весталки Реи Сильвии — мифической матери основателей Рима, Ф. Марчис предложил назвать два ее спутника в честь этих основателей: Ромула и Рем. Международный

астрономический союз одобрил эти названия, что зафиксировано в его циркуляре в августе 2005 г.

Сильвия относится к числу самых известных объектов Главного пояса астероидов. Она находится во внешней его части, приблизительно в 3,5 а.е. от Солнца (то есть в 3,5 раза дальше, чем Земля). Размеры этой "ноздраватой картофелины" — $380 \times 260 \times 230$ км, а ее спутник — 7 и 18 км.

Первая из двух лун (18 км) Сильвии была обнаружена в 2001 г. группой американских астрономов (руководитель Майк Браун) с помощью телескопа Кек II, установленного на вершине потухшего вулкана Мауна-Кеа (Гавайи). Вторую луну Сильвии открыли в 2005 г. с помощью одного из 8-м инструментов системы Очень Большого Телескопа Европейской Южной Обсерватории в Чили. Использовались инфракрасная

камера, система адаптивной оптики NACO, позволившие обеспечить высокое угловое разрешение полученных снимков, и... почтовая пересылка DVD с результатами наблюдений, избавившая астрономов от необходимости лично приезжать в Чили.

Орбиты спутников Сильвии почти круговые. Среднее расстояние от Сильвии до ближайшего (7 км) спутника — Рема — составляет 710 км. Один оборот вокруг "мамочки" он совершает за 33 ч. Радиус орбиты второго "сыночка" — Ромула — составляет 1360 км, период обращения — 87,6 часа. Период вращения Сильвии — 5 ч 11 мин. Ученые предполагают, что спутниками Сильвия обзавелась сравнительно недавно — несколько десятков тысяч лет назад.

Пресс-релиз ESO 21/05,
11 августа 2005 г.,

Калифорнийский университет (Беркли), сайт: UCBerkeleyNews

Астрономический форум в Москве

С 1 по 6 июня 2005 г. в Москве прошел Международный симпозиум "Астрономия-2005: состояние и перспективы". Его основными организаторами были Международная общественная организация "Астрономическое общество" (АстрО), ГАИШ МГУ, Научный Совет по Астрономии РАН, АКЦ ФИ РАН, Институт астрономии РАН. Этот астрономический форум посвящался 250-летию Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (1755–2005). В нем приняли участие ученые из России, стран СНГ, Балтии, из Болгарии, Сербии, Черногории, Испании, Японии, Австралии и других государств, всего около 500 человек. Заседания проводились в ГАИШ МГУ и в Московском Городском Дворце Детского (Юношеского) Творчества.

Участники Симпозиума заслушали 20 пленарных докладов ведущих ученых России и других стран, осветивших последние достижения почти всех отраслей астрономии, состояние и перспективы развития этой науки. Вот темы нескольких из них:

"Астрономические исследования с большими телескопами" (Ю.Ю. Балег, САО РАН);

"Особенности астрономических исследований в России, СНГ и странах Балтии" (Н.Г. Бочкарев, ГАИШ МГУ);

"Астрономические исследования с космических аппаратов" (А.А. Боярчук, ИНАСАН);

"Гамма-астрономия и поиск темной материи" (А.М. Гальпер, МИФИ);

"Перспективные направления развития радиоастрономии (Р.Д. Дагкесаманский, ПРАО АКЦ ФИ РАН);

"Кинематика и эволюция спиральных галактик" (А.В. Завос, ГАИШ МГУ);

"Вузовские обсерватории: состояние и перспективы" (П.Е. Захарова, УрГУ, Коуровская обсерватория);

"Гравитационно-волновая астрономия в России, СНГ и мире" (В.Н. Руденко, ГАИШ МГУ) и другие.

Более 200 устных докладов и 300 стендовых было сделано на семи секциях Симпозиума:

№ 1. Астрометрия и небесная механика (руководители Л.В. Рыхлова, ИНАСАН, В.М. Чепурова, ГАИШ МГУ);

№ 2. Физика Солнца и солнечно-земных связей (В.Н. Обридко, ИЗМИРАН);

№ 3. Галактики и космология (А.С. Расторгуев, О.К. Сильченко, ГАИШ МГУ);

№ 4. Физика звезд и межзвездной среды (Н.Н. Самусь, ИНАСАН, ГАИШ МГУ; Н.Г. Бочкарев, ГАИШ МГУ);

№ 5. Планетные системы (В.В. Шевченко, В.В. Бусарев, ГАИШ МГУ; А.Б. Макалкин, ИФЗ РАН);

№ 6. История астрономии и археоастрономия (А.И. Еремее-

ва, ГАИШ МГУ; Т.М. Потемкина, Институт археологии РАН);

№ 7. Астрономическое образование (П.Е. Захарова, УрГУ; В.В. Иванов, СПбГУ; А.В. Завос, ГАИШ МГУ, физ.-фак. МГУ).

На Симпозиуме прошли также две Мемориальные сессии, посвященные памяти В.Г. Горбатского (1925–2004) и Ф.А. Цицина (1931–2005), на которых много теплых слов о них говорили друзья и коллеги этих замечательных ученых. Прозвучали доклады, связанные с их научным творчеством и дальнейшим развитием их идей.

В рамках секции № 6 "История астрономии" по инициативе эксперта ЮНЕСКО А.П. Сидоренко-Делом был организован Круглый стол, на котором обсуждали проблемы постановки на учет в ЮНЕСКО археоастрономических памятников на территории России и представляющих исторический и культурный интерес зданий обсерваторий.

Во время работы Симпозиума успешно прошли также заседания 8-го (перевыборного) Съезда АстрО.

Симпозиум "Астрономия-2005" вызвал большой интерес в мире астрономов.

По мнению участников, он прошел успешно, и подобные мероприятия целесообразно проводить регулярно.

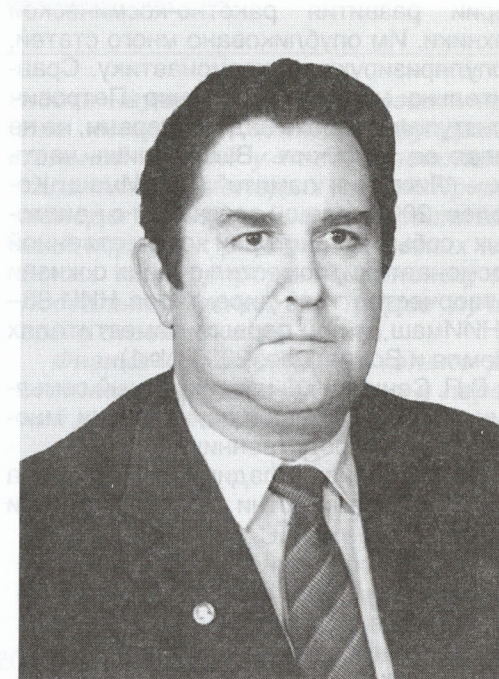
В.М. ЧЕПУРОВА,
кандидат физико-математических наук
ученый секретарь АстрО
ГАИШ МГУ

Памяти Владимира Петровича Сенкевича

19 мая 2005 г. ушел из жизни видный ученый в области системных исследований и планирования работ по ракетно-космической технике, ветеран космонавтики, заместитель начальника Центра системного проектирования Центрального научно-исследовательского института машиностроения (ЦНИИмаш), один из создателей и в последние годы президент Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, заслуженный деятель науки России, доктор технических наук, профессор **Владимир Петрович Сенкевич**.

Владимир Петрович родился 22 августа 1933 г. в Москве. В 1957 г. окончил Московский авиационный институт им. С. Орджоникидзе и работал на заводе в Долгопрудном (Московская обл.) мастером, инженером-технологом и начальником бригады в конструкторском бюро. Занимался проектированием и созданием средств противовоздушной и противоракетной обороны.

С 1962 г. Владимир Петрович работал в НИИ-88 (ныне ЦНИИмаш). Прошел путь от начальника группы, лаборатории, отдела и отделения до заместителя начальника Центра системного проектирования. В.П. Сенкевич – один из создателей отраслевой отечественной школы по долгосрочному прогнозированию и программно-целевому планированию развития космонавтики. Принимал непосредственное участие в разработке документов по прогнозированию космонавтики. В 1977 г. его работа была отмечена Государственной премией СССР. По этой тематике Владимир Петрович



Владимир Петрович Сенкевич (1933–2005).

защитил кандидатскую, а затем и докторскую диссертации (1982). Он был членом докторского и кандидатского Ученых советов ЦНИИмаш и ЦНИИ-4 Министерства обороны. За работу в области перспективного планирования ему присуждена Государственная премия СССР, он награжден орденом "Знак Почета" и многими медалями, отмечен дипломами.

В 1991 г. В.П. Сенкевич выступил в качестве одного из основных инициаторов

создания Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ). В 1992–2001 г. он вице-президент, с 2001 г. – президент РАКЦ, деятельность которой особенно активизировалась в этот период благодаря громадной работоспособности и неиссякаемой энергии Владимира Петровича (Земля и Вселенная, 1992, №№ 1, 2; 1993, № 3; 2001, № 5; 2003, № 4).

В.П. Сенкевич – автор свыше 20 специальных монографий и книг по системным исследованиям и планированию работ в области космической деятельности, нескольких научно-популярных книг об истории развития ракетно-космической техники. Им опубликовано много статей, popularизирующих космонавтику. Сравнительно недавно Владимир Петрович приступил к работе над мемуарами, но не успел ее закончить. Вышла лишь часть их – “Листочки памяти” (ЦНИИмаш, Королев, 2003), где он рассказал о некоторых событиях истории отечественной космонавтики, поместил очерки о жизни и творчестве трех директоров НИИ-88 – ЦНИИмаш и их первых заместителей (Земля и Вселенная, 2005, № 1).

В.П. Сенкевич был прекрасный семьянин, у него два сына и дочка, внуки, многочисленные родственники.

На похоронах Владимира Петровича присутствовали сотни людей – коллеги

по работе в академии космонавтики, бывшие руководители Министерства общего машиностроения, крупные военные и гражданские специалисты, друзья. Все выступившие высоко оценили его самоотверженный труд во имя развития отечественной космонавтики, патриотом которой он был до последнего вздоха. Генеральный директор ЦНИИмаш академик Н.А. Анфимов в своем выступлении отметил, что последние годы В.П. Сенкевич работал, преодолевая тяжелые болезни и совершая трудовой подвиг, который можно сравнить с подвигом А.П. Маресьева.

В.П. Сенкевич пользовался большим авторитетом в мировом космическом сообществе, являлся членом Международной академии космонавтики, Нью-Йоркской академии наук, Академии прогнозирования будущего, вице-президентом и председателем научно-технического совета Федерации космонавтики России.

В сердцах родных и близких, коллег и друзей навсегда сохранится светлая память о Владимире Петровиче Сенкевиче – замечательном человеке и ученом. Уход из жизни Владимира Петровича стал большой утратой для редколлегии, редакции и авторского коллектива журнала “Земля и Вселенная”, на страницах которого он неоднократно выступал с интересными статьями.

Информация

Планетоид или планета?

Если бы Плутон открыли в наши дни, а не 75 лет назад, то, вероятно, он бы не стал девятой планетой, удовлетворившись статусом крупного астероида пояса Койпера. Объект, обнаруженный

8 января 2005 г. группой астрономов Калифорнийского института технологий под руководством Майкла Брауна (Земля и Вселенная, 2005, № 5), окончательно десятой планетой еще не назван. Однако ему хотят дать имя Зена (в честь героини известного телесериала “Зена – королева воинов”) и утверждают, что у Зены есть луна, ей даже придумали название – Габриэла (спутница Зены).

В настоящее время Зена (официальное обозначение

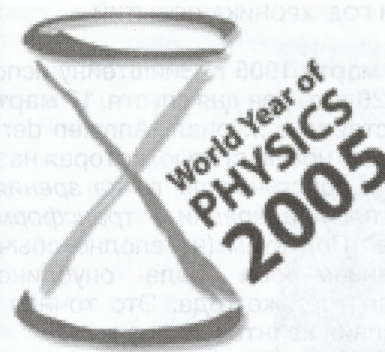
2003 UB313) находится на расстоянии 97 а.е. от Солнца, что втрое превышает среднее расстояние Плутона от Солнца. По оценкам астрономов, Зена примерно в 1.5 раза больше Плутона и, возможно, целиком покрыта льдом. Планетоид это или десятая планета, мы, наверное, скоро узнаем.

По материалам
Associated Press
Публикацию подготовил
Е.П. Левитан

История науки

Всемирный год физики: триумф Эйнштейна

А. Д. ЧЕРНИН,
доктор физико-математических наук
ГАИШ МГУ



ности научного знания, вызвать прилив интереса к занятиям фундаментальной наукой у нового поколения талантливых молодых людей. Пример молодого Эйнштейна, его решительный подход к раскрытию самых глубоких тайн природы и, наконец, колоссальный успех его трудов лучше всего отвечают этим целям.

Физика Эйнштейна не только достояние ушедшего XX в., но и передний край науки века XXI.

ПУТЬ В НАУКУ

Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) объявила 2005 год **Всемирным (или Международным) годом физики – в честь столетия знаменитых научных открытий А. Эйнштейна. Исследования, выполненные в 1905 г. 26-летним теоретиком, положили начало современной физике, в которой ключевыми стали понятия “относительность” и “кванты”. Посвященные Эйнштейну многочисленные публикации, научные конференции, лекции, семинары почти во всех странах мира вряд ли способны добавить ему славы – Эйнштейн и без того самый знаменитый человек науки, если не просто самый знаменитый человек на свете. Цель этих празднований их организаторы видят (а с ними видим и мы) в том, чтобы упрочить в современном обществе понимание цен-**

Когда Альберту Эйнштейну было лет пять, его воображение поразил карманный компас, показанный ему отцом. Поведение стрелки прибора вызвало навсегда запомнившееся острое чувство, что за видимыми вещами “должно быть что-то еще, глубоко скрытое”. Так писал он много лет спустя в своей “Творческой автобиографии”. В двенадцать лет он с необычайным увлечением прочитал случайно попавшую ему в руки книгу по геометрии Эвклида на плоскости. Его поразили “ясность и уверенность”, с которыми производились доказательства не слишком очевидных теорем. “Тот не рожден для теоретических исследований, кто в молодости не восхищался этим творением”, – говорил он в зрелые годы.

В мюнхенской гимназии, где Эйнштейн учился без всякого энтузиазма,

царила атмосфера почти казарменной муштры. Медлительный, своевольный и к тому же насмешливый подросток, очевидно, раздражал учителей, они разглагольствовали в нем лишь пустую посредственность и дурной пример для других. В итоге гимназию пришлось оставить.

Без гимназического аттестата на учебу в университете рассчитывать не приходилось. В 1896 г. Эйнштейн поступил — со второй попытки — в Цюрихский Политехникум, на педагогический факультет, где готовили учителей физики и математики. В дипломе, полученном через четыре года, у него “5” по теоретической физике и “5.5” по теории функций (шестибальная система). Но и здесь у него была репутация недисциплинированного и своенравного студента. Он часто пропускал занятия, даже лекции по теоретической физике, которые великолепно читал Герман Минковский, ставший позже его самым увлеченным последователем в теории относительности. В результате после окончания института, когда все однокурсники были оставлены на различных кафедрах Политехникума, Эйнштейн оказался вообще без работы. Около двух лет он существовал на очень скромные деньги, посылаемые родителями (его отец, Герман Эйнштейн, умер в 1902 г.), жил чуть ли не впроголодь, зарабатывая лишь случайными частными уроками.

“Я был третируем моими профессорами, которые... закрыли мне пути в науку... Нужда была так остра, — вспоминал он позднее, — что я не мог размышлять ни над какими абстрактными проблемами”.

В 1902 г. отец Марселя Гроссмана, приятеля Эйнштейна по Политехникуму, помог безработному учителю получить место технического эксперта третьего класса в Бернском патентном бюро. В том же году у Эйнштейна и его супруги Милевы Марич (она училась вместе с ним в Политехникуме) родилась дочь, а еще через два года у них родился и сын.

И все же вопреки всем неблагоприятным обстоятельствам между 1900-м и 1904 г. Эйнштейн смог написать пять научных статей, которые опубликовал в ведущем физическом журнале тех лет

“Annalen der Physik”. Работы касались различных вопросов статистической физики и были сделаны изобретательно, с большим пониманием сути дела, но, в общем, не содержали ничего особенно нового. Дело в том, что их автор не был тогда знаком с появившимися ранее исследованиями Больцмана и Гиббса, в которых эти вопросы были уже по существу решены. Он независимо переоткрыл ряд базовых результатов термодинамики и физической кинетики.

На основе своих первых статей Эйнштейн написал диссертационную работу, которую в 1904 г. представил в Цюрихский университет. Полученная “со стороны” диссертация была отклонена.

1905-й год: ХРОНИКА СОБЫТИЙ

14 марта 1905 г. Эйнштейну исполнилось 26 лет. Три дня спустя, **17 марта**, он представил в журнал “Annalen der Physik” свою новую статью, которая называлась *“Эвристическая точка зрения, касающаяся генерации и трансформации света”*. Под этим (не вполне обычным) названием она была опубликована **30 мая** того же года. Это точная дата рождения квантовой физики.

30 апреля Эйнштейн закончил второй вариант диссертации. Ее название — *“Новый метод определения размеров молекул”*. Тогда же по результатам диссертационной работы написана и статья, которая вышла в свет в **январе 1906 г.** Она близка по теме к его первым статьям по статистической физике, но содержала новый важный результат, в ней описывался эффективный метод оценки размеров молекул по лабораторному изучению их движения в растворах. В **июле** диссертация была представлена декану философского факультета Цюрихского университета. Факультет ее одобрил и присудил автору (в январе следующего года) звание (не степень) доктора. Изданная в Берне диссертация имела посвящение: “Моему другу доктору Гроссману”.

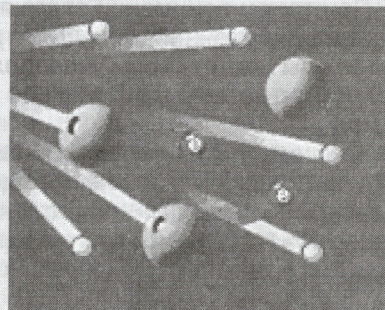
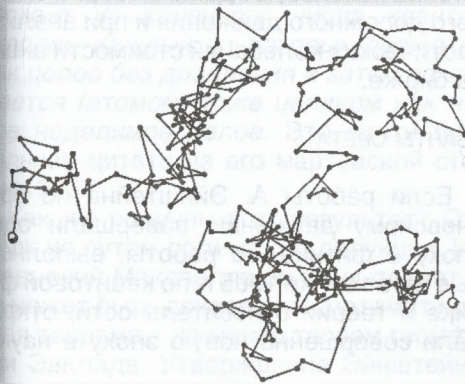
11 мая в тот же журнал “Annalen der Physik” поступает статья *“О движении малых частиц, взвешенных в стационарных жидкостях, требуемом молекуляр-*

но-кинетической теорией теплоты”. В ней (и еще одной статье, полученной журналом 19 декабря 1905 г.) изложена теория броуновского движения.

30 июня редакция “Annalen der Physik” получает первую статью Эйнштейна по **специальной теории относительности (СТО)** — *“К электродинамике движущихся тел”*. В ней 30 страниц текста. Статья заканчивается благодарностью Мишель Бессо, еще одному приятелю по Политехникуму: *“В заключение отмечу, что мой друг и коллега М. Бессо явился верным помощником при разработке изложенных здесь проблем и я обязан ему рядом ценных указаний”*. В работе содержатся довольно громоздкие выклад-

ки, которые помогала проверять Милева; Эйнштейн предлагал ей стать его соавтором, но она была против даже благодарности в печати. Рассказывают, она смеясь отвечала: *“Вот получишь Нобелевскую премию, отдашь деньги мне”*. Все 32 тысячи долларов Нобелевской премии, полученной Эйнштейном в 1922 г., он передал Милеве; к тому времени они уже были в разводе.

В **конце сентября** тот же журнал получил вторую статью А. Эйнштейна по СТО — *“Зависит ли инерция тела от содержащейся в ней энергии?”*. На последней из трех ее страниц появляется знаменитое соотношение между энергией и массой. Эту статью Эйнштейн написал в



один присест, вернувшись в Берн после короткого отпуска, полученного в патентном бюро и проведенном с семьей в Сербии, на родине Милевы.

Пять важнейших работ (подробнее о них расскажем далее) были выполнены менее чем за семь месяцев 1905 г. Этот рекорд продуктивности в теоретической физике никто еще не перекрыл.

ЗАКОН "СЛУЧАЙНЫХ БЛУЖДАНИЙ"

Сейчас это трудно себе представить, но в 1905 г. многие физики и большинство химиков отказывались верить в существование атомов. Пришедшая из классической древности идея атомарности материи была, конечно, всем известна, но она не находила, казалось, никакого объективного проявления в лабораторном физическом эксперименте. Атомы представлялись скорее теоретической абстракцией, чем-то вроде "материальной точки", а отнюдь не реальными телами природы. Например, Эрнст Мах говорил, что атомы и молекулы служат физику всего лишь в качестве полезного приема для рассуждений, "как функция в математике". Работы Эйнштейна по броуновскому движению доказывали **реальное существование атомов и молекул**.

Явление движений частиц взвеси (цветочной пыльцы и т.п.) в воде оставалось загадкой с 1820-х гг., когда оно было открыто ботаником Робертом Броуном (точнее, Брауном). Эйнштейн первым разгадал природу этих движений: случайные блуждания взвешенных частиц есть проявление хаотических тепловых движений молекул жидкости. Многократные случайные толчки молекул заставляют броуновские частицы перемещаться в непрерывном хаотическом танце. При таком понимании этого явления частицы цветочной пыльцы служат "увеличительным стеклом", позволяющим заглянуть в мир движущихся атомов и молекул.

Главный результат теории Эйнштейна – статистический закон перемещения броуновской частицы: **расстояние, пройденное частицей от исходной точки, пропорционально корню квад-**

ратному из времени, затраченного на перемещение.

Этот закон случайных блужданий был выведен им из кинетической теории газа (в применении к частицам взвеси) и гидродинамики (примененной к движению частиц в вязкой жидкости). Соотношение Эйнштейна устанавливало прямую связь между случайным смещением одной макроскопической частицы и хаотическим тепловым движением огромного множества микроскопических частиц жидкости. В 1908 г. это соотношение было проверено и полностью подтверждено в лабораторных опытах Жана Перрена в Сорбонне.

Работы Эйнштейна по броуновскому движению завершили целую эпоху в физике, эпоху становления атомизма. Его теория, подтвержденная и опытами Перрена, окончательно решила вопрос о реальности атомов.

Развитый А. Эйнштейном общий статистический подход к проблеме случайных блужданий оказался чрезвычайно плодотворным. Он напрямую применим к большому разнообразию явлений, где имеет место хаотическое поведение какой-либо примеси в непрерывной среде. Эйнштейн применил его к слабым растворам. Сейчас этот метод успешно используют в современных нанотехнологиях. В биологии данный подход применяют, например, для изучения переноса химических веществ в живых клетках; в строительстве с его помощью контролируют движение частиц песка в цементных растворах; в экологии он служит для учета диффузии частиц аэрозоля в облаках. Статистический подход Эйнштейна используют даже в теории сложного дорожного движения и при анализе хаотических колебаний стоимости акций на бирже.

КВАНТЫ СВЕТА

Если работы А. Эйнштейна по броуновскому движению завершали одну эпоху в физике, то работы, выполненные им в том же 1905 г. по квантовой физике и теории относительности, открывали совершенно новую эпоху в науке.

В Международный год физики празднуется ее первое столетие.

Эйнштейн был не первым, кто заговорил о квантах. За пять лет до него, в 1900 г., понятие кванта (или элемента) энергии ввел Макс Планк. Но для него это только технический прием. Кванты энергии рассматривались не как физическая реальность, а как некая "промежуточная" условность, помогающая теоретическим рассуждениям, но выпадающая затем из окончательного результата. С квантами Планка повторялась почти в точности история, уже происшедшая однажды с атомами. О мелких частичках света говорил еще Ньютон, но и в начале XX в. у физиков не было никаких экспериментальных оснований верить в их объективное существование. К тому же все оптические явления прекрасно описывала теория электромагнитных волн, опирающаяся на общие уравнения электромагнетизма Максвелла.

В начале 1905 г. Эйнштейн задался вопросом, который не приходил тогда в голову ни теоретикам, ни экспериментаторам: почему материя атомарна (то есть дискретна), а свет непрерывен?

Конфликт непрерывности и дискретности выступает особенно остро, если свет и атомы взаимодействуют, – когда, например, атомы излучают или поглощают свет. Эта ситуация, глубоко прочувствованная и продуманная Эйнштейном, подсказала ему новый, неожиданный взгляд на физическую природу света. Он сформулировал его так: *когда луч света распространяется в пространстве от точки к точке, его энергия не распределяется непрерывно по возрастающему объему пространства; напротив, она состоит из конечного числа квантов энергии, каждый из которых движется как целое без дробления и затем поглощается (атомом) тоже целиком как некое неделимое целое.* Это почти буквальная цитата из его мартовской статьи 1905 г.

Как же получен этот результат? Отнюдь не путем логической дедукции. Из уравнений Максвелла он не вытекает и не может быть доказан как математическая теорема – на манер теорем геометрии Евклида. Утверждение Эйнштейна

не теорема, а выдвинутый им первый постулат новой квантовой физики.

Не зря уже в самом названии статьи он счел уместным предупредить читателя, что речь идет об "эвристической точке зрения", то есть о догадке творческого воображения, свободной физической интуиции. Смысл утверждения можно наглядно пояснить, что и сделано в приведенной выше фразе. У Эйнштейна приведена и полезная аналогия: совокупность квантов света похожа на идеальный газ. Однако доказать или опровергнуть утверждение чисто логическим путем нельзя; это может сделать лишь эксперимент – верховный судья всех постулатов, гипотез и теорем.

Замечательно, что статья содержала не только физическую идею дискретности света, но и ряд конкретных приложений, ясно демонстрирующих ее продуктивность. Самым впечатляющим из них было объяснение физической природы (и количественных закономерностей) фотоэлектрического эффекта (фотоэффекта). Это явление испускания электронов металлом при падении на него света. Именно за **теорию фотоэффекта** (а не за квантовую физику или теорию относительности) Эйнштейн получил Нобелевскую премию.

Прямое экспериментальное доказательство существования квантов впервые дал Артур Комптон в 1923 г. В своих опытах по рассеянию рентгеновских лучей на электронах он показал, что лучи "отскакивают" от электронов в точности так, как бильярдные шары. В течение же почти двух десятилетий эйнштейновская идея световых квантов решительно отвергалась Планком (в остальном исключительно благосклонным к Эйнштейну), да и всем научным сообществом. Даже будущий классик квантовой физики Нильс Бор считал в 1922 г. (а это год, когда Эйнштейн получил Нобелевскую премию) идею квантов совершенно бесплодной.

С середины 20-х гг. кванты электромагнитных волн всех частот, в том числе и света, называют фотонами. В современной физике фотоны – элементарные частицы (безмассовые и "истинно нейтральные", то есть тождественные своим античастицам, со спином 1), переносящие электромагнитное взаимодействие.

Итак, свет столь же атомарен, дискретен, как и материя, — таков ответ, полученный Эйнштейном в 1905 г., на поставленный им перед собой фундаментальный вопрос. Вместе с тем ему было ясно, что в таких процессах, как, например, отражение и преломление, свет ведет себя в точности как непрерывная в пространстве волна.

Позднее было установлено, что и материя не только дискретна, но и непрерывна по своим свойствам. В ряде процессов совокупность частиц материи ведет себя подобно волнам. Такие волны (волны де Бройля) видны, например, в опытах по дифракции электронов.

В действительности конфликт непрерывности и дискретности существует не в природе вещей, а только в теории, в наших представлениях о них. Если вспомнить слова Эйнштейна из “Творческой автобиографии”, то за видимой в эксперименте картиной дискретного или непрерывного поведения физических объектов “должно быть что-то еще, глубоко скрытое”. Это скрытое не дискретность и непрерывность в какой-то их комбинации, а нечто третье, что (за отсутствием лучшего названия) именуется корпускулярно-волновыми свойствами. Ими обладают все на свете физические объекты.

Надо сказать, что квантовая теория, выросшая из “эвристической точки зрения” Эйнштейна, не вполне удовлетворяла его самого. Идеальная интерпретация теории складывалась на основе вероятностных представлений; предполагалось, что квантовыми процессами управляет закон случая. Такое развитие теории происходило у Эйнштейна на глазах, но уже фактически без его участия. Подобная интерпретация представлялась ему лишь временным выходом из положения, он считал ее как минимум неполной. “Бог не играет в кости”, — говорил он по этому поводу. Он полагал, что элемент случайности и возможности точного предсказания результата квантового эксперимента — это еще один внутренний конфликт теории, который требует более глубокого осознания и разрешения.

При всех успехах и достижениях, перевернувших не только представления

людей о мире, но и их повседневную жизнь, квантовая физика — развивающаяся наука, далеко не исчерпавшая заложенный в ней продуктивный конфликт идей, который Эйнштейн ощущал острее других. Возможно, эта теория сможет приблизиться к идейной завершенности лишь тогда, когда будет построена квантовая теория тяготения. До этого, однако, еще очень далеко.

ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

Специальная теория относительности вместе с квантовой теорией составляют основу основ современного естествознания. СТО не возникла сразу в готовом виде, она формировалась постепенно в довольно длительном процессе, занявшем не менее полувека. Ее первые элементы появились почти за три десятилетия до Эйнштейна, а разработка продолжалась еще, по крайней мере, два десятилетия после 1905 г.

В 1887 г. Вольдемар Фогт нашел, что волновое (четырёхмерное) уравнение сохраняет свою форму при одновременном преобразовании координат и времени определенного вида. Эти преобразования стали позже математическим базисом СТО: они описывают переход от одной инерциальной системы отсчета к другой. По предложению Пуанкаре (который выяснил, что они представляют собой группу) их называют преобразованиями Лоренца. Лоренц независимо нашел их в 1899 г., показал, что уравнения электродинамики Максвелла остаются неизменными при таких преобразованиях. Эйнштейн, не слышавший о них, перестроил преобразования Лоренца в своей первой (тридцатистраничной) работе по СТО в 1905 г. Но этим он не ограничился.

Эйнштейн пошел гораздо дальше своих предшественников. Он провозгласил важнейший принцип новой физики — **принцип относительности**, который с тех пор носит его имя.

До этого в физике был известен принцип относительности Галилея, согласно которому законы природы одинаковы в любых инерциальных системах отсчета. Эйнштейн добавил к нему утверждение

о конечной скорости распространения всех взаимодействий. Предельная скорость распространения взаимодействий равна скорости света в пустоте c и одинакова во всех инерциальных системах отсчета. Это универсальная физическая постоянная.

Как и идея квантов света, принцип относительности Эйнштейна возник не путем логического вывода или теоретического доказательства в рамках какой-то теории. Это постулат, который был затем проверен и полностью подтвержден в многочисленных экспериментах, проводившихся в течение нескольких десятилетий со все возрастающей точностью.

СТО, возникшая из принципа относительности, оказалась исключительно богатой как по внутреннему содержанию, так и по возможностям приложения. Дальнейшими усилиями самого Эйнштейна, трудами М. Планка, Г. Минковского, В. Паули и других выдающихся теоретиков XX в. СТО превратилась со временем в стройную и законченную теорию. Она стала новой релятивистской теорией пространства-времени, пришедшей на смену классической ньютоновской концепции абсолютного пространства и абсолютного времени.

Центральным теоретическим и главным практическим следствием СТО стало новое понимание массы и энергии физических тел и систем. Оно возникло благодаря второй (трехстраничной) работе Эйнштейна по СТО. Согласно СТО, в покоящейся инертной материи скрыты немыслимые запасы энергии. Если тело массы m находится в покое, то запасенная в нем энергия E равна произведению массы на квадрат скорости света: $E = mc^2$. Так (в современных обозначениях) выглядит соотношение между энергией покоя и массой тела — самая знаменитая формула физики. Она раскрывает существующую в природе возможность взаимных превращений энергии и массы.

Преобразование энергии покоя в другие виды энергии, описываемое этой формулой, лежит в основе огромного разнообразия процессов в природе и технике. Например, лишь СТО способна объяснить суть такого явления, как

огонь, известного человеку издревле и всегда волновавшего его воображение. В химической реакции горения сумма масс продуктов реакции меньше исходной массы горючего и окислителя (кислорода). Разность масс превращается в кинетическую (тепловую) энергию продуктов реакции. Таким путем в энергию переходит лишь очень малая часть массы. Например, при горении метана в газовой горелке преобразуется в тепло только одна десятиллиардная доля массы покоя газа.

Гораздо больше энергии выделяется при ядерных реакциях. За счет этого светят Солнце и звезды. В недрах Солнца, где идет ядерная реакция синтеза гелия из водорода, в кинетическую энергию превращается около 1% исходной массы водорода. В ядерных реакциях распада (например, распада урана при поглощении медленных нейтронов) эта доля раз в десять меньше. Реакции обоих типов используются, как известно, в ядерном оружии. Ядерные реакции распада используются в атомных электростанциях. Реакции синтеза дадут практически неисчерпаемый (и к тому же, как считают, безопасный) источник энергии, когда их удастся осуществлять в контролируемом режиме, ничего этого не было бы без СТО.

Если сталкивается частица с античастицей (скажем, электрон с позитроном), то они превращаются в два фотона. Так как фотон — безмассовая частица, то в этом случае вся исходная масса целиком переходит в кинетическую энергию фотонов.

Свойство массы превращаться в энергию не было известно в классической, нерелятивистской физике. Но и в релятивистской физике до сих пор остается неизвестной природа самой массы. Фундаментальная физика (целиком релятивистская) не может объяснить, откуда берется масса электрона и почему она такая, какая есть. То же относится и к другим элементарным частицам, из которых состоят все тела во Вселенной. Согласно одной из активно обсуждаемых идей, частицы приобретают свою массу благодаря взаимодействию с некоторой особой частицей, имеющей ну-

левой спин. Эта гипотетическая частица уже имеет название — *хиггс*, или *хиггсовский бозон* (по имени автора гипотезы), но ее существование пока не удается доказать в прямом лабораторном (на ускорителях) эксперименте.

ОТ СТО К ОТО

1905 г. был необычайно важным для физики и для самого Эйнштейна. С той поры события его биографии развивались с возрастающей быстротой. В январе 1906 г. Эйнштейн — Herr Doktor; с апреля повышен в должности: теперь он технический эксперт второго класса. В феврале 1908 г. он стал приват-доцентом в Берне, а в середине октября 1909 г. уходит, наконец, из патентного бюро, чтобы занять должность экстраординарного (внештатного) профессора в Цюрихском университете. Затем переезжает в Прагу на должность ординарного профессора. Марсель Гроссман, ставший к тому времени деканом в Политехникуме, приглашает его в Цюрих, и с августа 1912 г. Эйнштейн — профессор в Политехникуме, где теперь на него смотрят совсем

иначе, чем в ставшие уже далекими студенческие годы. Тем временем Женевский университет присуждает ему первое в его жизни почетное докторское звание. А еще через несколько лет его настигает слава, которой не знал ни один человек ни до, ни после него. Ну разве что Александр Македонский.

Но счастливейшим годом своей жизни он считал все же 1907 г. *“Я сидел в кресле в Бернском патентном бюро, как вдруг мне в голову пришла мысль: “В свободном падении человек не ощущает своего веса!” Я был поражен...”* Через 8 лет из этой мысли родилась общая теория относительности, самая красивая, по словам Ландау, физическая теория. Она стала величайшим достижением Эйнштейна в науке. На ее основе возникла затем современная космология. В рамках ОТО Эйнштейн выдвинул в 1917 г. идею всемирного антигравитационного. Этот предсказанный им грандиозный космический феномен был открыт астрономами несколько лет назад. Эпоха эйнштейновской новой физики продолжается.

Информация

Новый старт к Марсу

12 августа 2005 г. в 11 ч 43 мин по Гринвичу с космодрома Канаверал стартовала РН “Atlas-5”. С помощью разгонного блока “Centaur” этого носителя к Марсу отправилась очередная американская АМС “Mars Reconnaissance Orbiter” (“MRO”, марсианский орбитальный разведчик). Полет станции до Марса продолжится 6 месяцев (март 2006 г.), затем еще 7 месяцев

она будет заниматься коррекцией орбиты искусственного спутника Марса (ИСМ), чтобы перейти с эллиптической на круговую высоту 400 км.

“MRO” — одна из самых больших и тяжелых марсианских АМС: масса — 2180 кг (масса научной аппаратуры 230 кг), длина — 6 м, площадь панелей солнечных батарей в развернутом виде — 20 м². Срок работы на орбите ИСМ — до 2014 г. На “MRO” установлены научные приборы: три фотокамеры, спектрометр, метеозонд и радар для исследования слоя марсианского грунта глубиной до 1 км. С помощью этих приборов намечается провести мониторинг марсианской погоды, съемки поверхности планеты с разре-

шением до 1,3 м, определить химический состав марсианских пород и исследовать структуру марсианской атмосферы с более высокой точностью, чем это делалось до сих пор. Например, с помощью фотокамеры Mars Color Imager предполагается каждый день получать глобальную карту марсианской погоды, отслеживать перемещение больших пыльных бурь и изменения полярных шапок. Планируется выбрать на Марсе места посадок спускаемого аппарата “Phoenix” (2007 г.) и большого марсохода “Mars Science Laboratory” (2009 г.; Земля и Вселенная, 2005, № 5).

Пресс-релиз NASA,
12 августа 2005 г.

История науки

Как создавали первые ЭРД

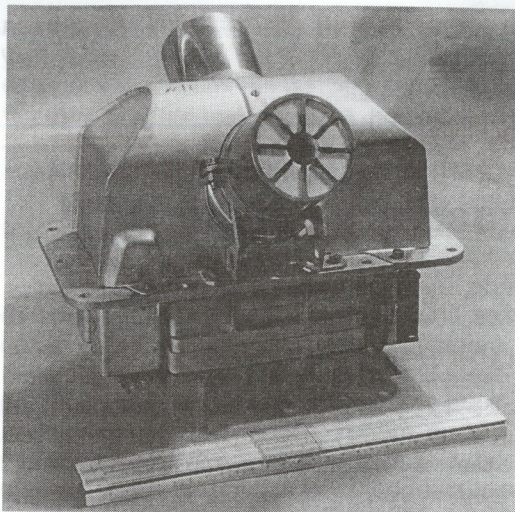
Л. А. ПЕЦ, А. И. СИМОНОВ
РКК “Энергия”
В. А. ХРАБРОВ,
доктор технических наук
Институт ядерного синтеза РНЦ “Курчатовский институт”

14 декабря 2004 г. исполнилось 40 лет с начала использования в космосе электрических ракетных двигателей (ЭРД). В ходе полета АМС “Зонд-2” удалось успешно провести испытания плазменных двигателей. Реликвия отечественной космонавтики — первый в мире ЭРД — хранится в Государственном музее истории космонавтики им. К.Э. Циолковского (г. Калуга). Приоритет СССР в данной области признан всеми мировыми космическими державами. ЭРД различных типов и назначения разработаны также в США, Франции, Германии, Великобритании, Италии, Китае и Японии. В XXI в. предполагается интенсивно применять ЭРД для решения многообразных задач космонавтики.

Известны три основных этапа в истории ракетных двигателей: на твердом топливе (Китай, 1232 г.), на жидком топливе (США, 16 марта 1926 г.) и электрические (СССР, 14 декабря 1964 г.). Выдающийся вклад в создание ЭРД внесли академики И.В. Курчатов, М.В. Келдыш, С.П. Королев, Л.А. Арцимович, А.П. Александров, М.Д. Миллионщиков, Б.Е. Черток, Б.В. Раушенбах и В.П. Легостаев. Такого класса двигатели разработаны Отделом плазменных исследований Института атомной энергии им. И.В. Курчатова (руководитель — Л.А. Арцимович) совместно с ОКБ-1 (ныне РКК “Энергия”) под руководством С.П. Королева.

Первым в мире идею ЭРД высказал в 1903 г. К.Э. Циолковский: *“Может быть, с помощью электричества можно будет со временем придавать громадную скорость выбрасываемым из реактивного прибора частицам... Это обеспечило бы такую скорость реактивного прибора, при которой достижение ближайшей звезды сократится до 10–40 лет...”* (“Вестник воздухоплавания”, 1912). В нашей стране не только впервые сформулирована идея ЭРД, но и проведены пионерские экспериментальные работы. В Газодинамической лаборатории (г. Ленинград) в 1929–1933 гг. будущий академик В.П. Глушко сконструировал экспериментальный ЭРД (электротермический). Немецкий пионер космонавтики Г. Оберт в книге “Путь в мировое пространство” (1923) целую главу посвятил ЭРД, подтвердив, что с помощью электрореактивных двигателей можно разогнать космический корабль до больших скоростей.

Профессор М.К. Романовский (заместитель по науке академика Л.А. Арцимовича) вспоминал, как вскоре после запуска первого ИСЗ, в октябре 1957 г., С.П. Королев обратился к И.В. Курчатову с предложением начать в Институте атомной энергии (ИАЭ) исследования с целью создания ЭРД различных типов, мощности и назначения. В 1960 г., уже после безвременной кончины И.В. Курчатова, вышли два секретных постановления Военно-промышленной комиссии



Электрический ракетный двигатель, входящий в систему ориентации АМС "Зонд-2". Испытания плазменных двигателей прошли на Земле в 1962 г., в космосе – 14 декабря 1964 г.

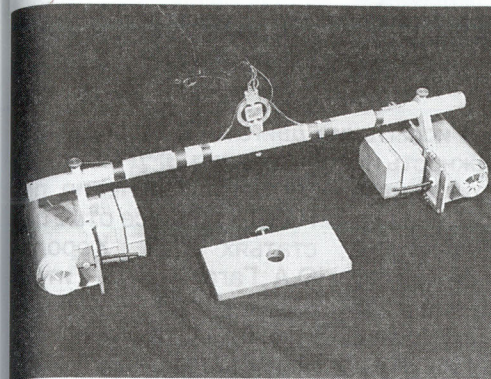
Совета министров СССР. Они обязывали ИАЭ приступить к широкомасштабной разработке ЭРД. Это поручили отделу Л.А. Арцимовича, так как в 1956–1957 гг. Лев Андреевич предложил и экспериментально обосновал электродинамический метод ускорения плазмы. Всестороннюю поддержку развитию этих работ оказывали Главный теоретик космонавтики М.В. Келдыш, Главный конструктор С.П. Королев, вице-президент АН СССР и председатель комиссии Академии наук по ЭРД М.Д. Миллионщиков. Новое направление в космическом двигателестроении получило организационно-финансовую основу. Созданием стендового оборудования, изготовлением летных образцов и испытаниями двигателей занимались ИАЭ и ОКБ-1.

Исследования в области ЭРД развернулись в ИАЭ по всем возможным направлениям. Благоприятные условия для создания такого класса двигателей в нашей стране быстро принесли свои плоды. Первыми в мире в космос запущены советские импульсные плазменные ЭРД (1964), а затем были проведены космические испытания ионных (1966) и стационарных плазменных двигателей (1972).

Особое место в истории создания плазменных ЭРД принадлежит академику Б.В. Раушенбаху (Земля и Вселенная, 2001, № 5). В 1959 г. его отдел в НИИ-1 (ныне Исследовательский центр

им. М.В. Келдыша) приступил к исследованию проблемы использования ЭРД малой тяги с энергопитанием от солнечных батарей в системах ориентации и стабилизации космических аппаратов и доказал их перспективность. В теоретических работах сотрудников отдела были обоснованы и сформулированы требования к плазменной системе ориентации, которую предлагалось испытать при полетах АМС серии "Зонд" и "Марс-Венера" в 1962–1966 гг. В середине 1960 г. по инициативе Б.В. Раушенбаха образована межведомственная исследовательская группа из сотрудников его отдела, а также отдела Л.А. Арцимовича. В их задачу входило конструирование исполнительных органов системы ориентации КА массой около 1 т на основе импульсных плазменных двигателей. Шла напряженная работа над плазменными ЭРД, которые могли бы функционировать в космосе. ЭРД должны были удовлетворять многим требованиям – высокая надежность, простота конструкции, малый вес, устойчивость к воздействию факторов космического полета, требуемый импульс реактивной силы при достаточно малом потреблении электрической энергии конденсатора, отсутствие радиопомех и других вредных воздействий плазменной струи на элементы конструкции и аппаратуру КА.

В течение первых двух лет исследования шли по схеме: конструкция модели ЭРД – исследование – анализ результатов – разочарование и крушение надежд. Но очередное разочарование только увеличивало наше упорство в достижении необходимых параметров ЭРД. В результате интенсивных поисков к середине 1962 г. удалось убедительно доказать, что наиболее эффективное решение проблемы – импульсный плазменный двигатель (ИПД) эрозионного типа. В таких ИПД плазма образуется вследствие "эрозии" (точнее, абляции) диэлектрика в импульсном разряде большой мощнос-



Две пары импульсных плазменных двигателей на крутильном маятнике, прошедших наземные испытания в барокамере. Март 1963 г.

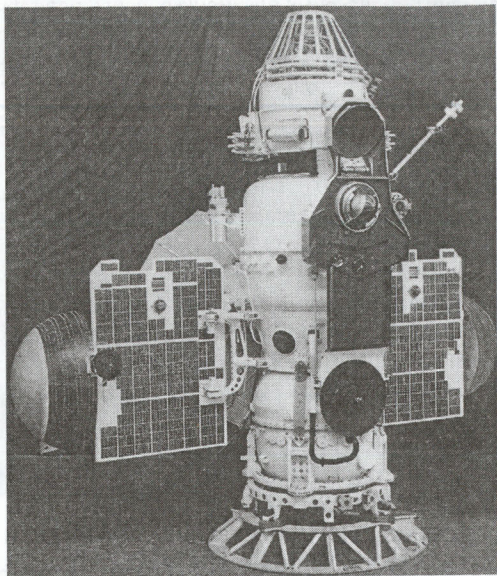
ти (10–200 МВт) длительностью несколько микросекунд. Наиболее подходящим диэлектриком для работы двигателя оказался фторопласт-4 (тефлон). Первые успешные ресурсные испытания абляционного электромагнитного ИПД с тефлоном проводились в течение 20 сут с 27 марта по 16 апреля 1962 г.) в непрерывном режиме, когда при средней потребляемой мощности 1 кВт (импульсная – 200 МВт) получили электрическую тягу 1 г! Таким образом, при электромагнитном способе ускорения плазмы тяга приблизилась к 1 кВт/г. Задача создания надежных и простых ЭРД была успешно решена. Однако для первых испытаний в космосе требовалась большая электрическая тяга при меньших затратах мощности, то есть снижение энергетической "цены" тяги в четыре (!) раза, до 250 Вт на 1 г тяги.

Снова начались исследования и горячие обсуждения их результатов. В конце 1962 г. наконец-то изготовили электротермический абляционный ИПД, удовлетворявший требованиям ОКБ-1. После испытания моделей двигателей создали прототип летного варианта ИПД, его характеристики: 1 млн. импульсов, энергопотребление – 50 Вт, тяга – 0.2 г, импульсная мощность 10 МВт. В дальнейшем по заказу академика М.Ф. Решетнева (Земля и Вселенная, 2005, № 1) разрабатывали ИПД с существенно уменьшенной "ценой" тяги – 85 Вт на 1 г – для геостационарных спутников связи. Принцип абляционных ИПД защищен в конце 1962 г. авторским свидетельством

А.И. Симонов и В.А. Храбров). В итоге изготовили прототип рабочего образца плазменной системы стабилизации, установленной на борту межпланетной станции. Система включала шесть сопел двигателей, конденсаторы, преобразователь напряжения, программно-коммутирующее устройство, высоковольтные герморазъемы и другое оборудование.

Л.А. Арцимович предложил С.П. Королеву перейти к совместным опытно-конструкторским работам по созданию летного образца ИПД системы ориентации и стабилизации. В результате их соглашения была образована межведомственная комиссия из представителей Министерства обороны, Госкомитета по оборонной технике и Госкомитета по атомной энергии для ознакомления с состоянием исследований. В марте 1963 г. комиссии продемонстрировали динамические характеристики двух пар ИПД на крутильном маятнике в барокамере Отдела плазменных исследований (руководитель Л.А. Арцимович), в результате члены межведомственной комиссии подписали документ о полной готовности к испытаниям в космосе ЭРД. Комиссия рекомендовала форсировать работы, чтобы создать двигатели, используемые в системе ориентации АМС серии "Марс-Венера" и "Зонд".

Первый запуск космического аппарата с ЭРД наметили на ноябрь 1963 г. Несмотря на занятость, С.П. Королев взял эти работы под личный контроль. Система плазменной ориентации станции массой 28.5 кг с использованием ЭРД в качестве исполнительных органов содержала шесть сопел ИПД. Первый запуск, 11 ноября 1963 г., межпланетной станции универсального типа "Марс – Венера" с ЭРД закончился аварией (Земля и Вселенная, 1999, № 6). Невзирая на горечь неудачи, работу по подготовке запусков АМС с ЭРД продолжали с удвоенной энергией. По указанию С.П. Королева одновременно готовили к экспери-



АМС "Зонд-2". В специальном герметическом отсеке на днище спускаемого аппарата установили блок из шести ЭРД. Ноябрь 1964 г.

нил испытание двигателя и предсказал важность использования ЭРД в будущих межпланетных полетах. Значение первого испытания ЭРД в космосе отметили в газетных статьях С.П. Королев, М.В. Келдыш, Ю.А. Гагарин, Г.С. Титов и другие.

На базе ОКБ им. Б.С. Стечкина (г. Калининград) организовали ОКБ "Факел", где продолжилось совершенствование ЭРД различных типов и назначения. Первой разработкой коллектива ОКБ "Факел" стала плазменная система стабилизации и ориентации для КА военного назначения серии "Глобус" (ИСЗ "Горизонт"), близкая к ИПД "Зонд-2". В 1972 г. состоялась первая коррекция орбиты ИСЗ серии "Метеор" с помощью стационарного плазменного двигателя этого предприятия. Двигатель разработали А.И. Морозов и Г.Я. Щепкин под руководством Л.А. Арцимовича. С 1982 г. на геостационарных спутниках связи "Луч" используются ЭРД СПД-70, а с 1994 г. — СПД-100 на спутниках связи "Галс" и "Экспресс". В 1968 г. абляционные ИПД успешно испытаны в США (начиная с ИСЗ "LES-6"), а позднее и в других странах.

Импульсные плазменные двигатели используются и в качестве инжекторов мощных пучков плазмы при активном зондировании ионосферы Земли. Под руководством члена-корреспондента РАН Г.А. Попова и кандидата технических наук Н.Н. Антропова создана серия летных образцов абляционных ИПД с лучшими в мире для данного класса ЭРД характеристиками. Эти двигатели планируется установить на универсальную космическую платформу "Вулкан" (запуск в 2006 г.) для стабилизации и коррекции орбиты. В XXI в. область применения ЭРД будет все более увеличиваться по мере миниатюризации космических аппаратов.

Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам Архива РАН за активное содействие в работе над рукописями К.Э. Циолковского.

ментам три комплекта плазменных ЭРД! 30 ноября 1964 г. успешно стартовала в сторону Марса АМС "Зонд-2", руководил запуском С.П. Королев. Одна из панелей солнечных батарей, к сожалению, не раскрылась, поэтому энергоснабжение систем оказалось вдвое меньшим. 14 декабря 1964 г. на расстоянии 5.37 млн. км от Земли были включены плазменные двигатели. Систему ориентации "Зонда-2" (газодинамические двигатели) временно не использовали, включив плазменную систему ориентации с ЭРД. В течение 70 мин шесть плазменных двигателей поддерживали ориентацию станции в пространстве так, чтобы плоскость панели солнечных батарей была перпендикулярна направлению солнечных лучей. Плазменные сгустки работающих двигателей при температуре около 3×10^4 К истекали со скоростью до 16 км/с. Плазма начала свою работу в космосе!

19 декабря 1964 г. из сообщения ТАСС мир узнал о рождении нового направления космической техники — электрических ракетных двигателей. Имена И.В. Курчатова, С.П. Королева, Л.А. Арцимовича, А.П. Александрова, Б.В. Раушенбаха, Б.Е. Чертока и других участников этого выдающегося события тогда не афишировались. Но появилась статья одного из наших учителей — М.Д. Миллионщикова, который по достоинству оце-

Элективный курс по астрофизике "Физика Вселенной"

(для школ физико-математического профиля)

Е.П. ЛЕВИТАН,
доктор педагогических наук

В начале нынешнего года экземпляр юбилейного номера "Земли и Вселенной" был направлен президенту РАО Н.Д. Никандрову. Высоко оценив наш журнал, президент РАО высказал ряд соображений по поводу совершенствования школьной астрономии и, в частности, предложил разработать факультативный курс по астрофизике для профильных школ с углубленным изучением физики и математики. Вариант такого факультатива публикуется ниже в порядке обсуждения. В последнее время в педагогике предпочитают говорить не о факультативных курсах, а об элективных (от латинского слова electus, означающего избирательный), что, разумеется, существа дела не меняет.

Это следует отразить в содержании естественно-научного и гуманитарного образования школьников. В школах и классах физико-математического профиля наряду с углубленным изучением физики и математики учащиеся должны иметь возможность более глубоко изучать астрофизику, чем это предусмотрено программой существующего курса астрономии, который, как известно, носит преимущественно обзор-

но-ознакомительный характер.

Авторский элективный курс "Физика Вселенной", включающий избранные вопросы астрофизики, внегалактической астрономии и космологии, наглядно показывает действие законов физики во Вселенной, предоставляя учащимся возможность с увлечением и пользой актуализировать свои знания по физике. Изучая факультатив "Физика Вселенной", любознательные

ОСНОВАНИЕ
НЕОБХОДИМОСТИ

В начале XXI в. астрономия стала одним из бесспорных лидеров современного естествознания. Выдающиеся открытия, сделанные недавно в астрофизике, внегалактической астрономии и космологии, могут привести к новому прорыву в области теоретической физики и послужить основой формирования новой астрономической картины мира.

школьники прежде всего убедятся в том, что законы "обычной" ("земной") физики действуют и далеко за пределами Земли, Солнечной системы, Галактики. Вместе с тем наука о Вселенной вплотную подошла к исследованию таких "экзотических" объектов, явлений и процессов, для понимания природы которых может потребоваться разработка новых фундаментальных представлений о природе полей и элементарных частиц. В наши дни ученые по праву рассматривают Вселенную как уникальную природную физическую лабораторию, актуальность проводимых исследований в которой возрастает с каждым годом. Не случайно выдающиеся современные российские и зарубежные физики-теоретики плодотворно занимаются проблемами астрофизики и космологии. Хорошо, если, следуя их примеру, учителя физики, работающие в школах физико-математического профиля, будут проводить занятия по факультативу "Физика Вселенной".

Автор стремился: а) включить в курс наиболее интересные учащимся вопросы, причем преимущественно те, в которых наглядно раскрывается связь астрономии и физики; б) сделать логику построения данного факультатива предельно ясной учителям и учащимся.

В двух первых разделах факультатива дается представление об основах практической астрофизики. С этой целью рас-

сматриваются инструменты и методы астрофизических исследований, выявляется важная черта взаимосвязи физики и астрофизики. Учащиеся смогут убедиться в том, что, с одной стороны, создание современных инструментов и методов было бы просто невозможно без геометрической и волновой оптики, открытия фотоэффекта, полупроводников и т.д. С другой стороны, появление внеатмосферной астрофизической аппаратуры превратило астрофизику из оптической во всеволновую, резко расширив возможности исследования Вселенной.

Затем следуют главные разделы факультатива, посвященные рассмотрению механических явлений в Солнечной системе, физики звезд, планет, межзвездной среды, экзотических объектов. Факультатив завершается разделом, в котором учащиеся знакомятся с космологией.

Список рекомендуемой литературы, включающий учебники, справочники, научно-популярные и методические книги, довольно обширен. При его составлении учитывалось, что далеко не все перечисленные книги окажутся в распоряжении учителя и учащихся данной школы. От того, по каким книгам удастся им работать, в значительной степени зависит глубина содержания факультатива и, в частности, объем использования математики.

Со временем будет создано учебное пособие по

данному элективному курсу, что значительно облегчит проведение занятий. В такое пособие будут включены значительное количество сложных, чем в учебнике, тексты и упражнения к каждому разделу, а также рекомендации, касающиеся применения наиболее эффективных средств обучения, в том числе экранных, мультимедийных и других. Сейчас важно начать проводить факультативные занятия, постепенно накапливая необходимый для обобщения опыт.

Общий примерный объем факультативного курса "Физика Вселенной" – 72 часа. Учитель вправе изменить его по своему усмотрению, а также самостоятельно решить вопрос о том, сколько часов посвятить изучению каждого раздела.

Содержание программы

1. Всеволновая астрофизика

Астрофизика как один из основных и бурно развивающихся разделов современной астрономии. Электромагнитные излучения как источник информации о физической природе небесных тел и их систем. Характер поглощения космического электромагнитного излучения атмосферой Земли. Принципиальная ограниченность возможности наземных наблюдений. Необходимость наблюдения с помощью бортовых астрофизических инструментов, размещаемых на ис-

кусственных спутниках Земли (ИСЗ) и автоматических межпланетных станциях (АМС).

Физические основы применяемых в астрофизике инструментов и методов исследования

Оптические телескопы, эффективность различных приемников излучения (глаз, фотоэмульсия, фотоэлектрические приемники, приборы с зарядовой связью – ПЗС).

Радиотелескопы и радиоинтерферометры.

Наблюдения в инфракрасном, ультрафиолетовом, рентгеновском и гамма-диапазонах. Наземные космические обсерватории. Крупнейшие современные наземные обсерватории мира. Проекты гигантских телескопов и интерферометров.

Роль спектральных и фотометрических данных в современной астрофизике.

Методы определения важнейших физических характеристик небесных тел (размеры, масса, плотность, температура, химический состав).

Понятие о методах исследования внутреннего строения звезд и планет. Перспективы развития эйтринной и гравитационно-волновой астрофизики.

Механическое движение небесных тел Солнечной системы

Общие сведения о строении Солнечной системы. Поступательное (орбиталь-

ное) движение планет и их спутников. Основные законы небесной механики – законы Кеплера и закон всемирного тяготения Ньютона. Уточнение Ньютоном законов Кеплера. Элементы орбит. Типы орбит. Возмущенное движение. Понятие о задачах двух, трех и более небесных тел.

Вращательное (осевое) движение планет и их спутников. Резонансы в Солнечной системе. Особенности вращения Меркурия, Венеры, Урана. Явления в системе Земля–Луна (приливы и отливы; причина, по которой Луна обращена к Земле одной стороной; гипотезы о будущей эволюции системы Земля–Луна). Идеи, лежащие в основе предвычисления затмений.

Устойчивость Солнечной системы.

Орбиты астероидов и комет. Вращение астероидов вокруг их осей. Двойные астероиды. Проблема астероидно-кометной опасности.

Особенности вращения Солнца вокруг его оси (направление вращения, понятие о дифференциальном вращении). Моменты количества движения Солнца и планет.

Астродинамика как прикладной раздел небесной механики, изучающий теорию движения искусственных небесных тел. Космические скорости. Сфера гравитационного действия небесных тел и сущность приближенного метода расчета траекторий полета космических аппаратов. Орбиты ИСЗ. Траектории полетов АМС к Луне, пла-

нетам и малым телам Солнечной системы.

Понятие о развитии небесной механики с учетом теории тяготения Эйнштейна. Искривление пространства вблизи тел больших масс. Смещение перигелия Меркурия как одно из фундаментальных подтверждений ОТО. Разработка высокоточной релятивистской теории движения планет.

IV. Физика планет

Общая характеристика и обзор природы планет земной группы и планет-гигантов.

Исследования с помощью космической техники – основной современный источник информации о поверхностях и атмосферах планет и их спутников.

Становление и развитие планетологии, находящейся на стыке астрономии и наук о Земле. Внешние оболочки и внутреннее строение планет. Физические процессы в недрах планет.

Магнитосферы и радиационные пояса планет на примере Земли и Юпитера.

Процессы, формирующие поверхности планет, – внутренние (эндогенные: тектонические и вулканические) и внешние (экзогенные: метеоритная бомбардировка, воздействие ветра, воды и т.д.). Небесные тела, где сейчас наблюдается вулканическая деятельность (Земля, Венера, Ио; гейзеры на Титане). Спутники больших планет, имеющие атмосферы.

Системы спутников и кольца планет-гигантов.

Сравнение климата и наличия воды на Марсе в прошлом и настоящем. Физико-химические основы поисков следов жизни на Марсе.

Лед на Луне и Меркурии.

Подледный океан Европы.

Объяснение высокой температуры на Венере (парниковый эффект).

Физические основы современной космогонии планет. Гипотезы происхождения Луны.

Открытие экзопланет – внесолнечных планет. Поиски экзопланет земного типа и первые открытия.

V. Физика стационарных звезд

Общие сведения о звездах. Многообразие звезд. Спектральная классификация. Масса – важнейшая физическая характеристика звезды. Связь между физическими характеристиками звезд. Диаграмма Герцшпрунга–Рессела. Модели звезд главной последовательности и красных гигантов. Равновесие газового шара. Источники энергии звезд. Механизмы переноса энергии из недр звезды к фотосфере. Звезда как саморегулирующаяся “тепловая машина”. Физические процессы, происходящие на разных стадиях эволюции звезд. Звездообразование – процесс, продолжающийся в настоящее время.

Двойные звезды, их распространенность и роль в

астрофизике и звездной космогонии.

Солнце – пример стационарной звезды. Общие сведения о Солнце. Спектр и химический состав. Ионизация вещества на Солнце. Плазма – основное состояние вещества на Солнце и других звездах. Магнитные поля на Солнце.

Применимость открытий на Земле законов физики к анализу процессов и явлений, происходящих на Солнце и звездах.

Цепочка протон-протонных термоядерных реакций как источник энергии Солнца. Открытие нейтринных осцилляций – подтверждение данного источника солнечной энергии.

Физика процессов, приводящих к появлению гранул, факелов, солнечных пятен, вспышек, протуберанцев. Механизм нагрева солнечной короны. Природа радиоизлучения Солнца.

Цикличность солнечной активности (на примерах 11-летнего и 22-летнего циклов). Актуальность прогноза солнечных вспышек для своевременного предупреждения о возможных магнитных бурях. Научная несостоятельность сообщений о “геофизически опасных днях”.

VI. Физика нестационарных звезд

Физические процессы, происходящие при пульсациях и взрывах звезд (на примерах цефеид и сверхновых). Пульсары и нейтронные звезды. Об-

разование белых карликов, нейтронных звезд и черных дыр звездной массы на конечных стадиях эволюции звезд разной массы. Состояние вещества в белых карликах и нейтронных звездах. Модели белых карликов и нейтронных звезд. Рентгеновские источники в нашей Галактике. Обнаружение звездных черных дыр в двойных системах и оценка числа черных дыр в Галактике. Природа загадочных гамма-всплесков.

VII. Физика галактик

Общие сведения о нашей и других галактиках. Наша Галактика. Ее состав, строение, вращение, подсистемы. Солнце как одна из звезд Галактики. Звездные скопления, их расположение в Галактике и эволюция. Магнитные поля. Радиоизлучение Галактики. Галактические туманности. Природа спиральной структуры. Особенности движения звезд вблизи центра Галактики. Сверхмассивная черная дыра в центре Галактики.

Классификация галактик. “Обычные” и активные галактики. Радиогалактики. Внегалактические рентгеновские источники. Квазары. Сверхмассивные черные дыры в ядрах галактики.

Взаимодействующие и сталкивающиеся галактики. “Каннибализм” в мире галактик. Возможная судьба Млечного Пути и Туманности Андромеды.

VIII. Физика межзвездной среды

Межзвездный газ и пыль в нашей Галактике. Излучение межзвездного газа на волне 21 см. Поглощение света межзвездной пылью. Молекулы в межзвездном пространстве. Оценка температуры феррической частицы, находящейся в космическом пространстве вдали от звезд.

Понятие об астрофизике высоких энергий (на примерах исследования космических лучей).

X. Понятие о космологии

Крупномасштабная структура Вселенной. Расширение Вселенной. Закон Хаббла. Теория А.А. Фридмана, предсказавшая открытие расширения Вселенной. Большой взрыв. Теория “горячей Вселенной”. Реликтовое излучение и его анизотропия. Возраст нашей Вселенной. Гипотеза “раздувающейся Вселенной”. Открытие ускоренного расширения Вселенной. Всемирное аннигилирование. “Темное вещество” и “темная энергия”. Физический вакуум

во Вселенной. Большая Вселенная со множеством метагалактик. Тоннели в пространстве–времени и гипотеза о возможности использования их для путешествия во времени и пространстве.

ЛИТЕРАТУРА

Засов А.В. Физика галактик. М.: МГУ, 1993.

Ефремов Ю.Н. Вглубь Вселенной: звезды, галактики и мироздание. М.: УРСС, 2003.

Климишин И.А. Элементарная астрономия. М.: Наука, 1991.

Кононович Э.В., Мороз В.И. Общий курс астрономии. М.: УРСС, 2001.

Куликовский П.Г. Справочник любителя астрономии. М.: УРСС, 2002.

Левантовский В.И. Механика космического полета. М.: Наука, 1974.

Левитан Е.П. Астрофизика школьникам. М.: Просвещение, 1976.

Левитан Е.П. Эволюционирующая Вселенная. М.: Просвещение, 1993.

Левитан Е.П. Физика Вселенной. М.: УРСС, 2004.

Левитан Е.П. Астрономия-11. 10-е издание. М.: Просвещение, 2005.

Левитан Е.П. Дидактика астрономии. М.: УРСС, 2004.

Новиков И.Д. Как взорвалась Вселенная. М.: Наука, 1988.

Паркер Б. Мечта Эйнштейна. СПб.: Амфора, 2001 (см. рецензию Е.П. Левитана в журнале “Земля и Вселенная”, 2002, № 1).

Сажин М.В. Современная космология в популярном изложении. М.: УРСС, 2003.

Сурдин В.Г. Рождение звезд. М.: УРСС, 2002.

Хокинг С. Краткая история времени от Большого взрыва до черных дыр. СПб.: Амфора, 2001 (см. рецензию Е.П. Левитана в журнале “Земля и Вселенная”, 2001, № 5).

Черпацук А.М., Чернин А.Д. Вселенная, жизнь, черные дыры. Фрязино: 2003 (см. рецензию Е.П. Левитана в журнале “Земля и Вселенная”, 2004, № 4).

Шкловский И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, 1966.

Примечание. Много полезного для учителей и учащихся, заинтересовавшихся данным факультативом, опубликовано в нашем журнале.

НЕБЕСНЫЙ КАЛЕНДАРЬ: январь–февраль 2006 г.

Таблица I
ОСНОВНЫЕ АСТРОНОМИЧЕСКИЕ СОБЫТИЯ

Дата	Время, ч	Событие
Январь		
1	12.4	Луна в 7° южнее Венеры
1	22.8	Луна в перигее
2	14.0	Луна в 4° южнее Нептуна
3	17	Максимум активности метеорного потока Квадрантиды
4	1.6	Луна в 2° южнее Урана
4	14	Земля в перигелии
6	18.9	Луна в фазе первой четверти
8	19.1	Луна в 1° севернее Марса
14	0.0	Венера в нижнем соединении с Солнцем
14	9.8	Полнолуние
15	15.2	Луна в 4° севернее Сатурна
17	19.1	Луна в апогее
18	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды R Треугольника
20	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды X Змееносца
21	21	Покрытие звезды Спика Луной
22	15.2	Луна в фазе последней четверти
23	17.8	Луна в 4° южнее Юпитера
26	21.6	Меркурий в верхнем соединении с Солнцем
27	22.8	Сатурн в противостоянии с Солнцем
29	14.2	Новолуние
30	7.9	Луна в перигее
31	13.0	Луна в 2° южнее Урана

Таблица I (окончание)

Дата	Время, ч	Событие
Февраль		
3	6.8	Венера переходит от попятного движения к прямому
5	6.5	Луна в фазе первой четверти
5	20.9	Луна в 2° севернее Марса
6	5.6	Нептун в соединении с Солнцем
11	17.1	Луна в 4° севернее Сатурна
13	4.7	Полнолуние
14	0.8	Луна в апогее
20	5.2	Луна в 5° южнее Юпитера
21	7.3	Луна в фазе последней четверти
23	–	Максимум блеска долгопериодической переменной звезды R Орла
24	4.8	Меркурий в наибольшей восточной элонгации 18°
25	0.4	Луна в 10° южнее Венеры
27	20.4	Луна в перигее
28	0.5	Новолуние

Примечание. Во всех таблицах и тексте дано Всемирное время (UT), кроме особо оговоренных случаев.

Таблица II

ЭФЕМЕРИДЫ СОЛНЦА

Дата	α		δ		45°		55°		65°	
	ч	м	°	'	восход	заход	восход	заход	восход	заход
Январь 1	18	45.3	–23	02	07 38	16 29	08 25	15 42	10 06	14 00
11	19	29.2	–21	52	07 37	16 39	08 20	15 56	09 48	14 27
21	20	12.0	–19	59	07 31	16 52	08 09	16 14	09 22	15 01
31	20	53.7	–17	29	07 21	17 06	07 53	16 34	08 51	15 36
Февраль 10	21	34.0	–14	28	07 08	17 20	07 33	16 55	08 17	16 11
20	22	12.9	–11	03	06 53	17 34	07 12	17 16	07 43	16 46
Март 2	22	50.9	–07	21	06 36	17 48	06 48	17 37	07 07	17 18

Примечание. Координаты α и δ в таблицах даны на 0^h UT.

Пример. Определить время захода Солнца 12 января 2006 г. в Москве (широта 55°45', долгота 2°30', 2-й часовой пояс). По таблице "Эфемериды Солнца" интерполируем по широте и дате значение времени захода Солнца на 12 января, получаем 15°54'. Вычтем из него долготу места, прибавим номер часового пояса ($n = 2$) и один час для учета декретного времени. В итоге получаем 16°24'.

ЭФЕМЕРИДЫ ПЛАНЕТ

Дата		α		δ		m	d	f	Видимость			
		ч	м	°	'				45°	55°	65°	Период
Меркурий												
Январь	1	17	41.0	- 23	32	-0.4	5.0	0.92	-	-	-	
	11	18	47.9	- 24	13	-0.6	4.8	0.97	-	-	-	
	21	19	57.4	- 22	39	-1.0	4.7	0.99	-	-	-	
	31	21	07.8	- 18	38	-1.3	4.8	0.99	-	-	-	
Февраль	10	22	16.8	- 12	10	-1.1	5.3	0.93	-	-	-	
	20	23	16.7	- 04	16	-0.8	6.4	0.67	1.0	1.1	0.9	Вечер
Март	2	23	44.1	- 01	17	-0.9	8.6	0.23	0.6	0.6	-	Вечер
Венера												
Январь	1	20	07.8	- 17	49	-4.3	57.9	0.06	1.9	2.1	2.4	Вечер
	11	19	46.2	- 16	16	-3.6	62.4	0.01	-	-	-	
	21	19	20.9	- 15	27	-3.9	60.6	0.02	1.1	1.2	1.2	Утро
	31	19	07.0	- 15	23	-4.5	53.8	0.10	2.1	2.1	2.1	Утро
Февраль	10	19	09.7	- 15	47	-4.7	45.9	0.19	2.5	2.5	2.2	Утро
	20	19	26.9	- 16	13	-4.7	38.9	0.28	2.6	2.4	1.9	Утро
Март	2	19	54.3	- 16	16	-4.7	33.3	0.35	2.6	2.2	1.4	Утро
Марс												
Январь	1	02	32.6	+ 16	37	-0.6	12.1	0.92	10.5	11.7	14.0	Ночь
	11	02	43.8	+ 17	37	-0.4	10.8	0.91	9.9	11.1	13.3	Ночь
	21	02	58.1	+ 18	43	-0.1	9.8	0.90	9.3	10.5	12.6	Ночь
	31	03	14.8	+ 19	53	0.1	8.9	0.89	8.7	9.8	12.0	Ночь
Февраль	10	03	33.5	+ 21	02	0.4	8.1	0.89	8.2	9.3	11.3	Ночь
	20	03	53.9	+ 22	08	0.6	7.5	0.89	7.7	8.7	10.8	Ночь
Март	2	04	15.7	+ 23	06	0.7	6.9	0.89	7.3	8.2	10.2	Ночь
Юпитер												
Январь	1	14	44.8	- 14	47	-1.9	33.3	0.99	4.6	4.8	5.1	Утро
	11	14	50.8	- 15	13	-1.9	34.1	0.99	5.1	5.3	5.4	Утро
	21	14	56.1	- 15	35	-2.0	35.1	0.99	5.6	5.7	5.6	Утро
	31	15	00.4	- 15	52	-2.0	36.1	0.99	6.0	6.0	5.7	Утро
Февраль	10	15	03.8	- 16	04	-2.1	37.2	0.99	6.4	6.2	5.7	Утро
	20	15	06.0	- 16	11	-2.2	38.4	0.99	6.8	6.5	5.8	Утро
Март	2	15	07.0	- 16	14	-2.2	39.6	0.99	7.1	6.7	5.9	Утро
Сатурн												
Январь	1	08	50.2	+ 18	22	-0.1	20.1	1.00	12.6	13.8	16.1	Ночь
	11	08	47.3	+ 18	35	-0.1	20.2	1.00	13.2	14.3	16.3	Ночь
	21	08	44.2	+ 18	48	-0.2	20.3	1.00	13.5	14.4	16.1	Ночь
	31	08	40.8	+ 19	02	-0.2	20.4	1.00	13.4	14.2	15.6	Ночь
Февраль	10	08	37.6	+ 19	15	-0.2	20.3	1.00	12.9	13.6	14.7	Ночь
	20	08	34.5	+ 19	27	-0.1	20.2	1.00	12.2	12.8	13.7	Ночь
Март	2	08	31.9	+ 19	37	-0.1	19.9	1.00	11.3	12.0	12.6	Ночь

Меркурий виден после захода Солнца на западе во второй половине февраля в созвездии Рыб.

Венера появляется по вечерам на юго-западе невысоко над горизонтом в первой декаде января, а с середины января – на рассвете на юго-востоке. При наблюдении в телескоп она выглядит как узкий серп.

Марс большую часть ночи находится на небе высоко над горизонтом в созвездиях Овна и Тельца.

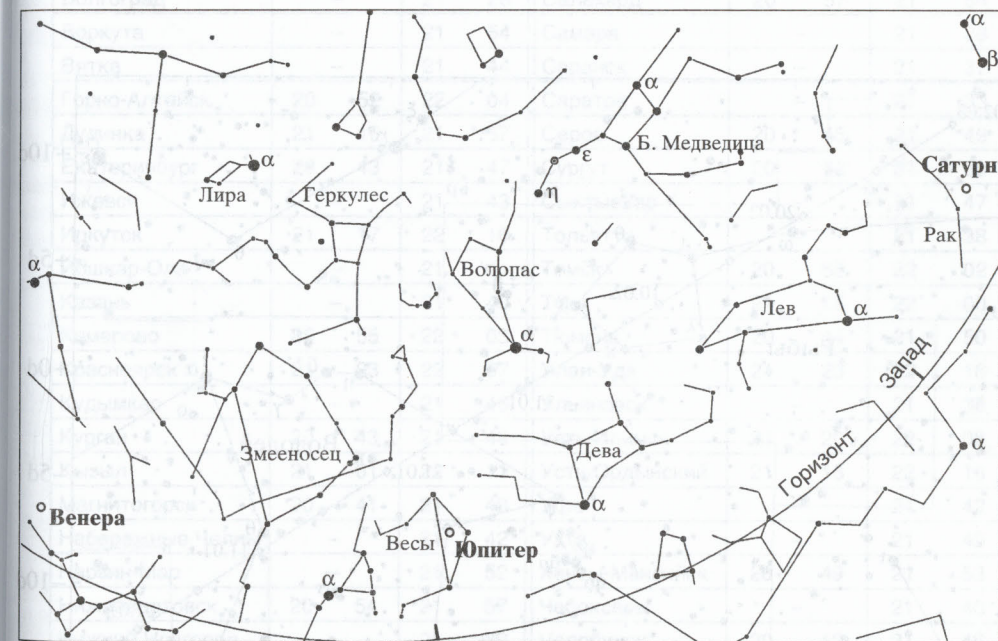
Юпитер можно наблюдать во второй половине ночи на юго-западе и на юге в созвездии Весов.

Сатурн прекрасно виден всю ночь в созвездии Рака на фоне звезд скопления Ясли.

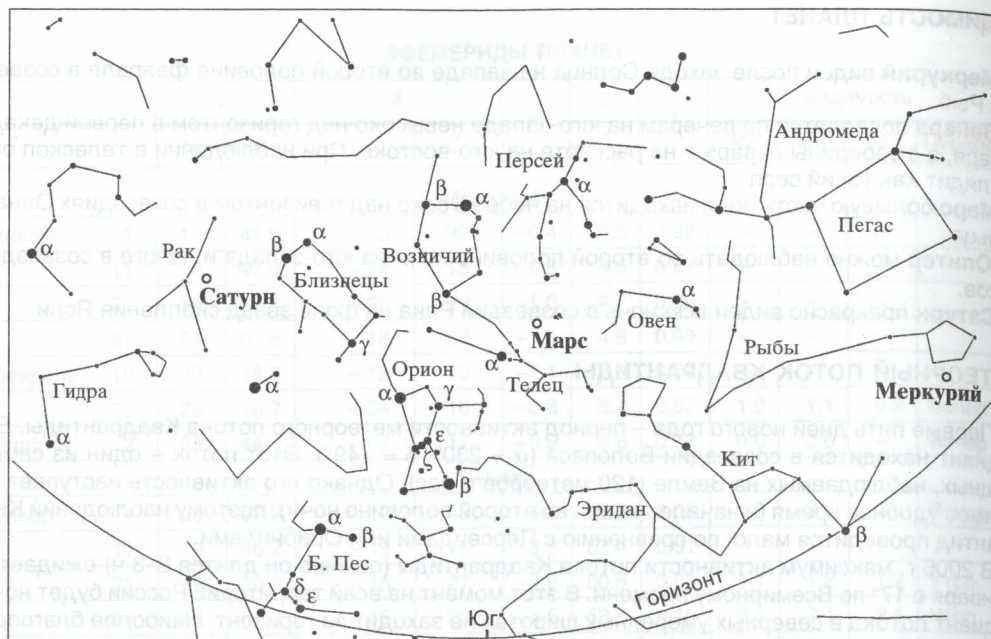
МЕТЕОРНЫЙ ПОТОК КВАДРАНТИДЫ

Первые пять дней нового года – период активности метеорного потока Квадрантиды. Его радиант находится в созвездии Волопаса ($\alpha = 230^\circ$, $\delta = +49^\circ$). Этот поток – один из самых мощных, наблюдаемых на Земле (120 метеоров в час). Однако его активность наступает не в самое удобное время (в начале января во второй половине ночи), поэтому наблюдений Квадрантид проводится мало, по сравнению с Персеидами или Орионидами.

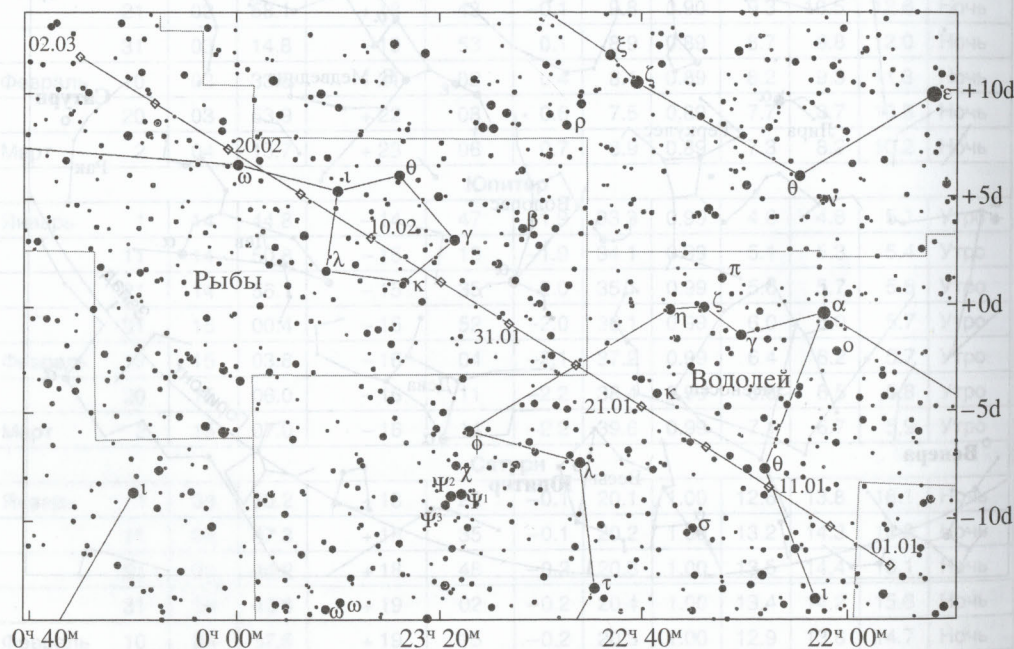
В 2006 г. максимум активности потока Квадрантиды (обычно он длится 2–3 ч) ожидается 3 января в 17^ч по Всемирному времени. В этот момент на всей территории России будет ночь. Радиант потока в северных умеренных широтах не заходит за горизонт. Наиболее благоприятные условия для наблюдений сложатся в восточной части России, где уже наступит вторая половина ночи и радиант поднимется высоко над горизонтом.



Звездное небо 15 февраля в 06:30^м по московскому времени. Показано положение Венеры, Юпитера и Сатурна.



Вид звездного неба 25 февраля в 19^ч по московскому времени. Показано положение Меркурия, Марса и Сатурна.



Видимый путь кометы Макнута среди звезд.

ПОКРЫТИЕ ЗВЕЗДЫ СПИКА ЛУНОЙ

В ночь с 21 на 22 января 2006 г. произойдет покрытие Спика, ярчайшей звезды в созвездии Девы, Луной. В зоне видимости события окажутся восток Европейской России, а также запад и юг Сибири. В европейской части оно случится вблизи местной полуночи, когда Луна и Спика будут восходить над горизонтом, а в Сибири – во второй половине ночи. По окончании явления звезда появится у темного края диска убывающей Луны (фаза 0.57). Это будет выглядеть даже эффектней, чем само покрытие, тоже видимое невооруженным глазом.

Восточная граница видимости покрытия пройдет от полуострова Таймыр к восточным районам Читинской области. Это линия касательного покрытия Спика Луной, на которой Луна лишь заденет звезду своим северным краем. Западная граница (там Спика появится за диском Луны одновременно с ее восходом) пройдет от Ненецкого автономного округа к Ростовской области.

Таблица IV

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ВИДИМОСТИ ПОКРЫТИЯ СПИКА ЛУНОЙ

Город	Покрытие		Открытие		Город	Покрытие		Открытие	
	ч	м	ч	м		ч	м	ч	м
Абакан	20	59	22	07	Новосибирск	20	52	22	01
Агинское	21	40	22	20	Норильск	21	18	21	57
Астрахань	—	—	21	22	Омск	20	46	21	54
Барнаул	20	51	22	03	Оренбург	20	40	21	38
Березники	—	—	21	47	Орск	20	40	21	40
Бийск	20	52	22	03	Пенза	—	—	21	35
Братск	21	16	22	10	Пермь	—	—	21	46
Волгоград	—	—	21	26	Салехард	20	57	21	54
Воркута	—	—	21	54	Самара	—	—	21	38
Вятка	—	—	21	44	Саранск	—	—	21	37
Горно-Алтайск	20	52	22	04	Саратов	—	—	21	33
Дудинка	21	16	21	57	Серов	20	45	21	49
Екатеринбург	20	43	21	47	Сургут	20	52	21	55
Ижевск	—	—	21	43	Сыктывкар	—	—	21	47
Иркутск	21	17	22	16	Тольятти	—	—	21	38
Йошкар-Ола	—	—	21	41	Томск	20	55	22	02
Казань	—	—	21	40	Тура	21	25	22	00
Кемерово	20	55	22	03	Тюмень	20	44	21	50
Красноярск	21	03	22	07	Улан-Удэ	21	23	22	18
Кудымкар	—	—	21	46	Ульяновск	—	—	21	38
Курган	20	43	21	49	Усть-Илимск	21	20	22	08
Кызыл	21	01	22	11	Усть-Ордынский	21	18	22	16
Магнитогорск	20	41	21	43	Уфа	—	—	21	42
Набережные Челны	—	—	21	42	Ухта	—	—	21	49
Нарьян-Мар	—	—	21	52	Ханты-Мансийск	20	49	21	53
Нижневартовск	20	54	21	57	Чебоксары	—	—	21	40
Нижний Новгород	—	—	21	39	Челябинск	20	42	21	46
Нижний Тагил	20	43	21	47	Чита	21	37	22	18
Новокузнецк	20	54	22	04	Элиста	—	—	21	19

Примечание. Прочерк на месте времени покрытия означает, что оно начнется до восхода Луны и Спика, и в данном пункте можно наблюдать только выход Спика из-за лунного диска.

КОМЕТА МАКНОТА

В первые месяцы 2006 г. в небольшие телескопы можно увидеть комету, открытую в 2005 г. известным "ловцом комет" Робертом Макнотом. Получившая обозначение C/2005 E2, она обращается по сильно вытянутой, почти параболической орбите. 23 февраля комета пройдет перигелий на расстоянии от Солнца 1.5 а.е. За счет высокой абсолютной яркости ее блеск составит около 9^м. Благодаря выгодному расположению на небе, она станет доступна наблюдениям в северных широтах даже на сравнительно небольшом угловом расстоянии от Солнца.

Таблица V

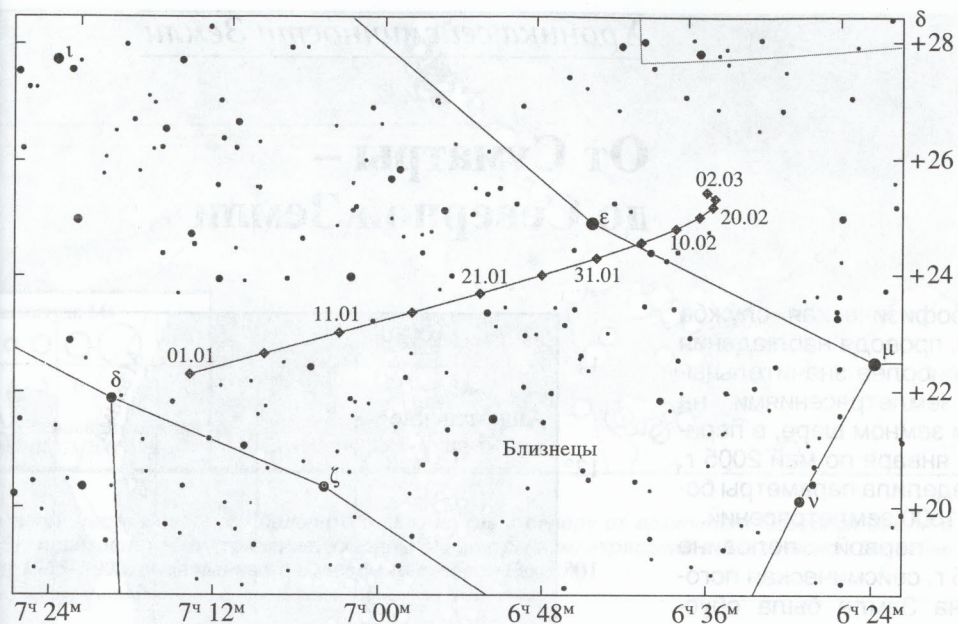
ЭФЕМЕРИДЫ КОМЕТЫ МАКНОТА (C/2005 E2)

Дата	α		δ		Расстояние		Элонгация	Блеск
	ч	м	°	'	от Земли а.е.	от Солнца а.е.		
Январь 1	21	52.2	−12	14	2.22	1.69	46	9.5
6	22	03.9	−10	29	2.22	1.66	44	9.4
11	22	15.9	−08	41	2.22	1.64	42	9.4
16	22	28.2	−06	48	2.22	1.61	41	9.3
21	22	40.7	−04	52	2.23	1.59	39	9.3
26	22	53.5	−02	52	2.23	1.57	38	9.2
31	23	06.5	−00	50	2.23	1.56	37	9.2
Февраль 5	23	19.8	+01	15	2.23	1.54	36	9.1
10	23	33.3	+03	21	2.24	1.53	35	9.1
15	23	47.1	+05	29	2.24	1.52	34	9.1
20	00	01.2	+07	37	2.25	1.52	33	9.1
25	00	15.5	+09	45	2.27	1.52	32	9.1
Март 2	00	30.2	+11	51	2.28	1.52	31	9.1

Таблица VI

ЭФЕМЕРИДА АСТЕРОИДА ВЕСТА

Дата	α		δ		Расстояние		Элонгация	Блеск	
	ч	м	°	'	от Земли	от Солнца			
					а.е.	а.е.			
Январь	1	07	14.3	+22	27	1.56	2.54	173	6.4
	6	07	08.8	+22	51	1.55	2.54	179	6.2
	11	07	03.2	+23	14	1.55	2.53	174	6.4
	16	06	57.7	+23	36	1.56	2.53	168	6.5
	21	06	52.5	+23	56	1.58	2.53	161	6.6
	26	06	47.8	+24	15	1.60	2.52	155	6.7
	31	06	43.7	+24	32	1.63	2.52	149	6.8
Февраль	5	06	40.2	+24	46	1.66	2.51	143	6.9
	10	06	37.5	+25	00	1.70	2.51	137	7.0
	15	06	35.7	+25	11	1.74	2.51	132	7.1
	20	06	34.6	+25	21	1.79	2.51	127	7.2
	25	06	34.4	+25	29	1.84	2.51	122	7.3
Март	2	06	35.1	+25	36	1.89	2.50	117	7.4



Видимый путь астероида Веста среди звезд.

АСТЕРОИД ВЕСТА

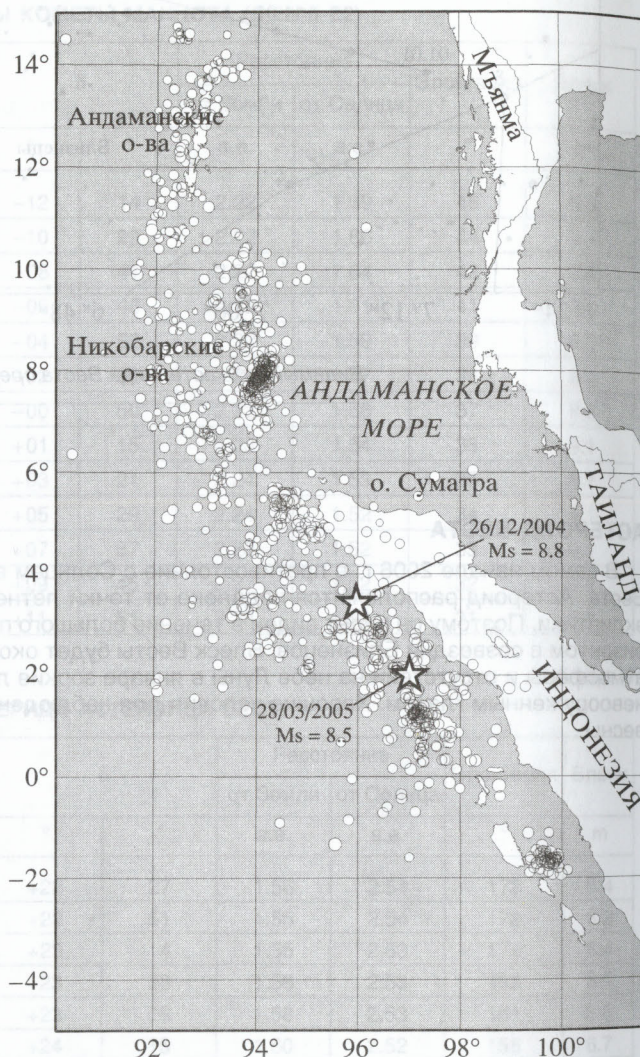
В самом начале 2006 г. в противостояние с Солнцем вступит ярчайшая малая планета – Веста. Астероид расположится недалеко от точки летнего солнцестояния и немного выше эклиптики. Поэтому он будет виден в течение большого промежутка времени высоко над горизонтом в созвездии Близнецов. Блеск Весты будет около 6^м, и при хорошей прозрачности атмосферы и отсутствии на небе Луны в январе зоркие люди смогут найти ее на небе даже вооруженным глазом. Хорошие условия для наблюдения Весты в бинокль сохранятся до весны.

О.С. УГОЛЬНИКОВ,
кандидат физико-
математических наук

От Суматры – до Северной Земли

Геофизическая служба РАН, проводя наблюдения за наиболее значительными землетрясениями на всем земном шаре, в период с января по май 2005 г. определила параметры более 1500 землетрясений.

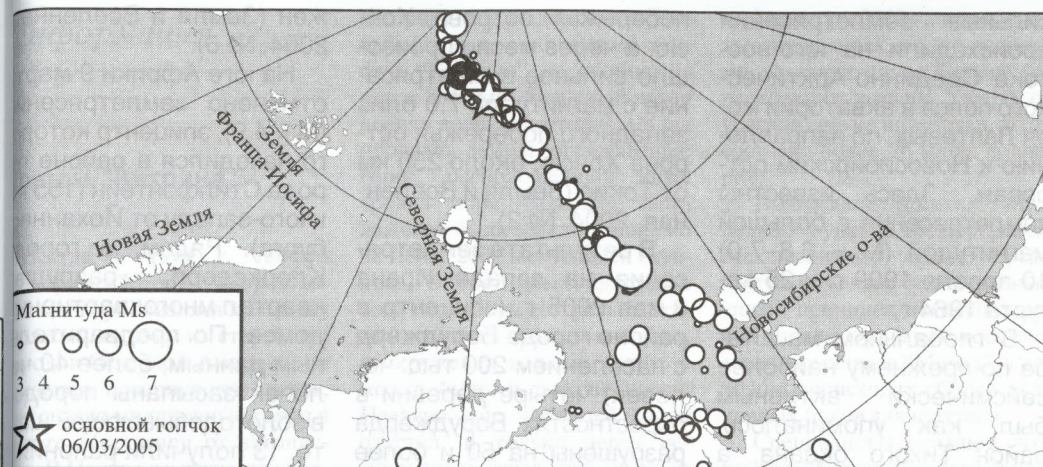
В первой половине 2005 г. сейсмическая погода на Земле была обусловлена той же обстановкой, которая установилась в Тихоокеанском поясе после катастрофического землетрясения ($M = 8.8$) 26 декабря 2004 г. близ острова Суматра (Земля и Вселенная, 2005, № 2). Мощное цунами, обрушившееся на страны бассейна Индийского океана 26 декабря 2004 г., унесло около 300 тыс. человеческих жизней. Землетрясение на дне океана сопровождалось многочисленными афтершоками. А 28 марта в этом же районе произошло второе землетрясение, сравнимое по величине со случившимся 3 месяца назад ($M = 8.5$). Его очаг располагался на глубине 30 км, между небольшими островами Симелуэ и Нияс, в 200 км на юго-восток от очага землетрясения 26 декабря 2004 г. На обоих островах – значительные разрушения. Число погибших приблизилось к 2 тыс. человек.



Расположение эпицентров землетрясений в окрестностях о. Суматры (Индонезия), зарегистрированных между 26 декабря 2004 г. и 11 мая 2005 г.

Всего с 26 декабря 2004 г. по 11 мая 2005 г. в этом районе зарегистри-

ровано около 1000 афтершоков с магнитудой от 4.5 до 6.5. Общая длина раз-



Карта той части Северного Ледовитого океана, где к северу от архипелага Северная Земля в марте 2005 г. произошло землетрясение. Указаны эпицентры землетрясений в Арктическом бассейне за период 1955–2005 гг., связанных с подводным хребтом Гаккеля.

рыва в земной коре составила более 1000 км. Продолжающаяся здесь сейсмическая активность должна побудить мировое сообщество ускорить работу по созданию системы раннего предупреждения цунами, которой в Индийском океане пока нет.

На территории России сейсмическая обстановка была относительно спокойной, хотя незначительные по магнитуде ($M = 4-5$), но ощутимые землетрясения отмечены в традиционных сейсмически активных районах. В Курило-Камчатском районе и на Сахалине произошло 18 землетрясений, некоторые ощущались в Петропавловске-Камчатском, в Северо-Курильске, Николаевске-на-Амуре (2 января – $M = 3$; 23 января – $M = 3.9$; 8 марта – $M = 4.8$; 30 апреля – $M = 4.8$).

11 ощутимых землетрясений пришлось на Байкальский регион, наиболь-

шая сотрясаемость почвы наблюдалась в Иркутске, поселках Чара и Аршан – до 3–4 баллов.

Возобновилась сейсмическая активность в очаговой зоне сильнейшего Чуйского землетрясения в Республике Алтай 27 сентября 2003 г. с магнитудой $M = 7.3$ (Земля и Вселенная, 2004, № 1). За январь–май 2005 г. здесь зарегистрировано более 10 землетрясений с M от 3 до 5. Отдельные из них были ощутимыми (31 января в Усть-Каменогорске – 2 балла).

Серия землетрясений прокатилась по Западному и Восточному Кавказу, 6 из них имели эффект на поверхности (13 марта в Анапе – 3–4 балла). Сотрясаемость от толчков 18 марта ($M = 3.5$) в ряде населенных пунктов Западного Кавказа достигла 4–5 баллов. Землетрясение 9 апреля в Дагестане ($M = 3.6$) ощущалось в Буйнакске силой 4 балла.

Отмечено достаточно редкое событие – возросла сейсмическая активность в Арктическом бассейне. Севернее архипелага Северная Земля 6 марта 2005 г. сильное землетрясение с $M = 6.0$ сопровождалось повторными толчками умеренной силы. Главная особенность этого региона – линейная сейсмоактивная зона (Срединно-Арктический пояс), протянувшаяся через глубоководную часть Северного Ледовитого океана до шельфа моря Лаптевых и трассирующей границы литосферных плит. В Арктическом бассейне она приурочена к гребню подводного хребта Гаккеля – продольной оси Евразийского суббассейна, разделяющей Евразийскую и Североамериканскую плиты. Непосредственно в зоне очага землетрясений подобного уровня ($M = 6$ и более) не наблюдалось около 30 лет. Наиболее

сильные землетрясения происходили на юго-востоке Срединно-Арктического пояса в акватории моря Лаптевых, по направлению к Новосибирским островам. Здесь известны землетрясения с большой магнитудой ($M = 6.8-7.0$) 10 апреля 1909 г. и 25 августа 1964 г.

В глобальном масштабе по-прежнему наиболее сейсмически активным был, как упоминалось, район Тихого океана, а также Центральная Азия и Центральная Америка.

В Японии близ острова Кюсю 20 марта 2005 г. случилось сильное землетрясение с магнитудой $M = 7.0$. По данным ИТАР ТАСС на 2 мая 2005 г., один человек погиб, 700 получили ранения, 800 домов были частично или полностью разрушены. Повышение сейсмической активности в Японии отмечалось еще в сентябре 2004 г., в районе южного

побережья острова Хонсю, а через месяц произошло сильное землетрясение с магнитудой 7.0 близ западного побережья острова Хонсю, около 250 км от Токио (Земля и Вселенная, 2004, № 2).

В результате землетрясения на западе Ирана 3 мая 2005 г. (эпицентр в районе города Боруджерд с населением 200 тыс. человек) четыре деревни в окрестностях Боруджерда разрушены на 50 и более процентов, четыре человека погибли и 26 получили ранения. Иран находится в зоне повышенной сейсмической активности. 22 февраля этого года в результате подземного толчка ($M = 6.4$) в районе города Заранд (провинция Керман) погибли свыше 600 и получили ранения около 1200 человек. Древний город Бам в той же провинции в декабре 2003 г. сильным землетрясением был фактически уничто-

жен (Земля и Вселенная, 2004, № 6).

На юге Африки 9 марта отмечено землетрясение ($M = 4.9$), эпицентр которого находился в районе города Стилфонтейн (155 км к юго-западу от Йоханнесбурга). Рядом, в городе Клерксдорп, разрушен квартал многоквартирных домов. По предварительным данным, более 40 человек засыпаны породой в золотодобывающей шахте, 13 получили ранения.

Параметры всех землетрясений представлены на информационном сервере Геофизической службы РАН (<http://www.ceme.gsras.ru>).

О.Е. СТАРОВОЙТ,
доктор физико-математических наук
Л.С. ЧЕПКУНАС,
кандидат физико-математических наук
И.П. ГАБСАТАРОВА
Геофизическая служба РАН
(г. Обнинск)

Информация

“Голос” подводного землетрясения

Американский геофизик Кэтрин ди Грут-Хедлин из Скриппсонского океанографического института опубликовала результат анализа акустического звучания исключительно по силе землетрясения в Юго-Восточной Азии, произошедшего 26 декабря 2004 г. (Земля и Вселенная, 2005, № 1).

Данные получены с пяти гидроакустических станций, созданных в свое время на дне Индийского океана для “прослушивания” возможных ядерных испытаний.

Акустические станции регистрировали прерывающийся паузами шум очень низкой частоты, который сопровождался намного более сильным, длительным и высоким звуком в пределах диапазона слышимости человека. Начальный звук, недоступный для человека, восприняли морские организмы и сухопутные животные, избежавшие гибели. Этот звук вызвала сейсмическая волна, за

которой последовал чудовищный разрыв земной коры на протяжении 120 км.

Акустическая оценка силы землетрясения подтвердила данные, полученные другими методами, хотя его мощность, по-видимому, была выше на 1–3 балла (по шкале Рихтера). Энергия цунамигенного землетрясения сопоставима со взрывом бомбы мощностью 100 Гт.

Звуковые волны показали, что “бура в недрах” продолжалась рекордно долго – 500–600 с. в то время как обычно подземные толчки длятся не более секунды или, в крайнем случае, несколько секунд.

Информация

Ураган “Катрина”

Когда в 1998 г. тайфун “Джорджес” со скоростью 40 км/ч приблизился к Новому Орлеану, одному из старейших городов Северной Америки, он внезапно повернул на восток, что спасло миллионный город в дельте Миссисипи от затопления. В Центре по изучению ураганов при университете штата Луизиана тогда рассчитали, что рано или поздно траектория тропического циклона должна пройти через Новый Орлеан.

В ночь с 28-го на 29-е августа 2005 г. на южные штаты США – Луизиану, Алабаму, Миссисипи,

“Рита” – тайфун высшей категории

В Западном полушарии Земли сезон тропических циклонов (тайфунов) ежегодно продолжается с июня по ноябрь. Их число варьирует от года к году, рекордным пока считается 1933 г., когда в приэкваториальной зоне зародился 21 тайфун.

Летом 2005 г. поверхность Атлантического океана необычно сильно нагревалась, что привело к усилению циклонической активности. Тайфун “Рита”, которому присвоена пятая (высшая) категория мощности, был в этом сезоне уже семнадцатым.

Он проявился в Карибском море через три недели после катастрофических событий, вызванных тайфуном “Катрина”, обрушившимся на г. Новый Орлеан. Гигантский вихрь перенапряженного влагой воздуха стремительно продвигался вдоль северо-восточных берегов Кубы на запад. 1 сентября он повернул на северо-запад, потом на север, взяв

Флориду, и прежде всего на Новый Орлеан, – обрушился тайфун “Катрина” со скоростью ветра 284 км/ч. Бешеный ветер поднял волну высотой 9 м. Она прорвала дамбы, ограждавшие город, расположенный ниже уровня моря. Большая часть жителей была эвакуирована, но не менее 200 тыс. человек остались. В восточных кварталах вода поднялась до третьих этажей домов, на крышах которых, в окружении воды, – сотни, а может быть, и тысячи людей. Недавно еще цветущий город опустел, и только через несколько месяцев его жители смогут возвратиться. 80% территории Нового Орлеана затоплено поднявшейся вверх по Миссисипи морской водой, смешанной с нефтью, бензином, ядохимикатами, городскими отходами и мусором. Число погибших, по официальным данным

курс на Хьюстон, четвертый по величине город Соединенных Штатов, крупнейший центр нефтяной индустрии. “Рита” пересекла Мексиканский залив, сокрушая по пути одну за другой нефтяные платформы, и к вечеру 25 сентября достигла побережья штата Техас. Хотя, к счастью, сила тайфуна быстро убывала, он все же сопровождался сильным штормом и ветром, скорость которого превышала 260 км/ч. Первый удар пришелся на расположенный на небольшом острове г. Гальверстон с 260-тысячным населением. 105 лет назад Гальверстон уже подвергся атаке жестокого урагана, тогда погибло 8 тыс. человек. На этот раз обошлось без жертв, так как были учтены уроки только что отбывавшей “Катрины”: практически все многомиллионное население прибрежных городов штатов Техас и Луизиана удалось эвакуировать за те несколько дней, пока приближалась “Рита”. В эти дни на всех дорогах автомобильные пробки растянулись на сотни километров.

на 1 октября 2005 г., превысило тысячу человек, но, по-видимому, их значительно больше (до нескольких тысяч). Ущерб от урагана еще не подсчитан, но он составит более 26 млрд. долларов.

Пострадали десятки населенных пунктов на побережье Мексиканского залива. Среди других объектов значительный ущерб причинен находящемуся под Новым Орлеаном космическому комплексу “Мичуд”, в котором происходит сборка топливных баков для шаттлов.

Специалисты считают, что тайфун “Катрина” – самый разрушительный за всю историю Соединенных Штатов. По своей мощи и последствиям он превзошел тропический циклон “Иван”, занявший в прошлом году первое место в списке наиболее разрушительных в бассейне Карибского моря.

Снова досталось Новому Орлеану, жители которого начали уже возвращаться в свои дома. Ураган, хотя и значительно ослабевший, опять прорвал наскоро отремонтированные дамбы, город испытал повторное затопление. Частично под водой оказались города Лейк-Чарльз, Порт-Артур, Ламбертон. Почти 1 млн. человек остались без света и воды.

В целом тайфун “Рита” оказался менее разрушительным, чем “Катрина”. Но один за другим два урагана стали серьезным испытанием для США. По предварительным оценкам, ущерб превысил 100 млрд. долларов.

Специалисты предполагают, что причина столь значительного возрастания мощности тропических циклонов с их продвижением к южному побережью США в это лето температурах поверхностных вод Карибского моря и Мексиканского залива. Воздушные вихри, проносясь над ними, нагревались и получали дополнительный приток энергии.

Самое сильное землетрясение за 100 лет

Жителей трех азиатских стран — **Пакистана, Индии и Афганистана** — утром 8 октября 2005 г. разбудили подземные толчки сильнейшего землетрясения. Оно произошло на границе Индии и Пакистана с магнитудой около 8. Более сильного землетрясения последние сто лет в регионе не было.

В 1998 г. серию землетрясений обусловили, по предположениям некоторых ученых, проводившиеся Индией и Па-

кистаном подземные атомные испытания. На сей раз, как считает член-корреспондент РАН А.В. Николаев, причины исключительно тектонические: Индостанская литосферная плита медленно сдвигается к северу, в сторону Гималаев и Тянь-Шаня. Небольшая глубина, на которой произошел тектонический сдвиг (всего около 10 км), объясняет значительную разрушительную силу землетрясения. В столице Пакистана Исламабаде, городе с трехмиллионным населением, рухнул девятнадцатизэтажный небоскреб, под руинами которого остались сотни людей. Разрушено множество населенных пунктов в северных

ние 2 октября — 760.7 мм рт. ст. — отмечено в 1975 г.

Несмотря на то, что и 3 октября было по-прежнему тепло, рекорд температуры далекого 1915 г. не побит. Он слишком высок — 24°C. Примечательно, что эта температура считается абсолютным рекордом октября.

В самом начале месяца погода удивила не только редкостным теплом и высоким фоном атмосферного давления. В эти дни в Москве было очень сухо, относительная влажность днем падала до 20–30%, что и летом случается крайне редко, а тем более осенью. Эту комфортную погоду принес суховей — ветер, который дует по западной периферии антициклона. Высокая температура и низкая влажность воздуха при суховее — результат трансформации основных свойств воздушной массы. Такая погода наблюдается чаще всего в степных районах ев-

ропейской территории России, в Москве же она возможна при устойчивом переносе воздуха из засушливых районов.

В московской погоде сентября — начала октября 2005 г. проявились черты резко континентального климата, в частности большой суточный перепад температуры. На востоке Подмосковья он достигал 20...24°C. Ночью наблюдались заморозки до -2°C, днем температура повышалась до 22°C. Суточный ход температуры составил 24°. В условиях осеннего малооблачного антициклона в средних широтах перепад ночных и дневных температур, как правило, не больше 15°. Но столь большой, как в этот раз в Москве, он присущ только местам с резко континентальным климатом, например континентальным районом Сибири, в частности Забайкалью.

Информации подготовил
В.А. МАРКИН

август-2005: аводнения в Европе

Вторжение в середине августа 2005 г. в Центральную Европу, до того изнывавшую от жажды, мощного атлантического фронта имело серьезные последствия. Начавшиеся 21–23 августа ливни продолжались несколько дней подряд. Они стали причиной сильнейших наводнений в **Австрии, Швейцарии, Франции, Германии, Чехии, Румынии, Венгрии, Молдавии и Болгарии**.

Стихия унесла жизни десятков человек.

За один день в *Швейцарии* выпало больше половины месячной нормы осадков. После трех дней непрерывных дождей центральных и восточных областей вышли из берегов реки и озера. Некоторые районы швейцарской столицы Берна залило так, что спасать людей приходилось на лодках. Ведь за дни сутки в отдельных районах страны выпало до двух месячных норм осадков. Более 5 тыс. человек были вынуждены покинуть свои дома. Сотни населенных пунктов оказались отрезанными от внешнего мира из-за размытых и затопленных дорог. В ряде областей грязевые потоки попали в водопровод, оставив жителей без питьевой воды. Из-за сопровождающего дожди сильного ветра произошли перебои с электричеством. В кантонах центральной части страны от стихии страдали дороги, мосты, железнодорожные пути. Зафиксированы многочисленные ополз-

ни, вызванные ливнями. Погибло 14 человек.

Проливные дожди стали также причиной эксцессов на юго-востоке *Австрии*. Там было нарушено железнодорожное сообщение, перекрыты дороги, закрыты магазины. Отмечались перебои в подаче электроэнергии и водоснабжении. Серьезная ситуация сложилась в австрийской провинции Тироль, где в зоне затопления были заблокированы сотни людей, нарушены электроснабжение и телефонная связь. В федеральной земле Штирия вышла из берегов река Мур, а с Альпийских гор сошли селевые потоки. В штирийском районе Вайц сошедшие с гор сели повредили жилые дома. Из-за угрозы наводнений эвакуированы тысячи жителей. В Вене за трое суток выпала месячная норма осадков, и были затоплены многие улицы пригородов австрийской столицы.

Сильнейшее за последние 6 лет наводнение зарегистрировано в германской *Баварии*. В 20-х числах августа была нарушена связь со многими населенными пунктами, в том числе с альпийским курортом Гармиш-Партенкирхен, где находилось около 25 тыс. человек. Жителей пригородов Мюнхена спасатели вывозили на лодках и вертолетах. Из-за угрозы обрушения моста власти были вынуждены закрыть федеральную трассу, соединяющую Мюнхен и Штуттгарт, что привело к многокилометровым автомобильным пробкам. В Мюнхене нарушалось железнодорожное сообщение по южным и западным направлениям.

Сильные дожди в Альпах пролились также в нескольких департаментах на западе Франции: подтапливались дороги, были эвакуированы жители нескольких деревень.

Пострадала от непогоды и Восточная Европа. В *Румынии* от наводнений к 20-м числам августа погибло более 20 человек. В стране размыты дороги, под воду ушли целые поля и деревни. Всего за прошедшее лето в стране из-за капризов погоды скончались 114 человек. Дожди распространились на соседнюю *Молдавию* (на нее пришла добрая половина месячной нормы) и юг *Украины*. В одной только Херсонской области, всегда отличавшейся засушливостью, выпало примерно в 5 раз больше осадков, чем обычно за весь август. В некоторых местах за сутки-двое выливалось от 80 до 100 литров воды на квадратный метр. Всего за две декады в Кишиневе отмечена половина всей годовой суммы осадков.

Почти весь август над Балканами отмечалась небывалая циклоническая активность. Циклоны прибывали в Юго-Восточную Европу и с юга, и с запада. И почти все они затем выходили к Черному морю, по пути заливая и Молдавию.

А в это время на крайнем западе Европы, в *Португалии*, бушевали необычайно сильные лесные пожары — все лето там стояла исключительно сухая, жаркая погода.

Информации подготовила
Л.Н. ПАРШИНА
Росгидромет

Рекордно теплая осень в Москве

В сентябре и в первые октябрьские дни 2005 г. температура воздуха и атмосферное давление в Москве оказались близкими к рекордным. 1 и 2 октября воздух в Москве прогревался днем до 20...22°C. И хотя до рекорда не хватило какой-то пары градусов, все равно было очень тепло для московской осени. Среднесуточная температура воздуха на 5–6°C превысила среднестатистическую в эти дни, да и давление на 10–12 мм рт. ст. превзошло нормальное атмосферное давление октября. А 2 октября оно всего на 1 мм было меньше, чем в рекордный день: показания барометра в 10 и 13 часов по московскому времени достигли 759.6 мм рт. ст. Самое же высокое давле-

Вселенная и теория суперструн

“...на каждого скептика приходится энтузиаст”.

Ф. де Ларошфуко

Книга “Элегантная Вселенная” — одна из немногих, посвященных популярному изложению идей и методов современной физики. В ней прослеживается история возникновения и развития новейшей физической теории суперструн (ТС), претендующей на объединение всех физических взаимодействий. Предпосылки развития ТС рассматриваются как следствие конфликта общей теории относительности (ОТО) и квантовой теории (КТ). Популярно изложены феноменоло-

гия ТС и ее возможные приложения к космологии. Указаны перспективы развития ТС в контексте общего развития современной физики.

Автор книги, Брайан Грин, в 1978 г. закончил Оксфордский университет по специальности теоретическая физика: теория суперструн и квантовая гравитация. В настоящее время он является профессором в университете Колумбия (США). После “Элегантной Вселенной” Б. Грин написал также популярную книгу “Фабрика космоса” (“The Fabric of the Cosmos”).

“Элегантная Вселенная” написана в 1999 г., переведена с английского под руководством действительного члена РАН С.С. Герштейна (Москва, УРСС, 2004). Книга состоит из пяти частей, которые разделены на главы.

В первой части автор кратко рассматривает основные проблемы физики, послужившие отправной точкой для создания специальной и общей теории относительности (СТО и ОТО), а также обозначает проблему несовместимости подходов ОТО и КТ. Попытки создать единую и самосогласованную теорию всех известных физических взаимодействий требуют обязательного включения релятивистской гравитации в такую общую схему, а следовательно, создания квантовой гравитации. Одним из самых перспективных и многообещающих подходов для решения этой фундаментальной задачи современной физики является теория суперструн.

Во второй части книги на простых примерах объясняются основные особен-



Автор книги “Элегантная Вселенная”, профессор физики и математики Колумбийского университета Брайан Грин.

следующем. “Понятие принципов ОТО, рушится под напором неистовых флуктуаций квантового мира, существующих в масштабе ультрамикроскопических расстояний”. Другими словами, в ОТО основными понятиями являются точечные частицы и точно известные траектории, по которым эти частицы движутся в искривленном пространстве-времени, в то время как в КТ эти понятия не определены вследствие так называемого “принципа неопределенности”, гласящего, что точность определения положения частицы обратно пропорциональна точности измерения импульса (или скорости) этой частицы. Таким образом, чем точнее мы отметим локализацию частицы в пространстве, тем с меньшей точностью мы можем определить ее скорость, и наоборот, частица с точно определенной скоростью может находиться в любой точке

ости специальной и общей теории относительности, квантовой теории, представлены попытки объединения ОТО и КТ.

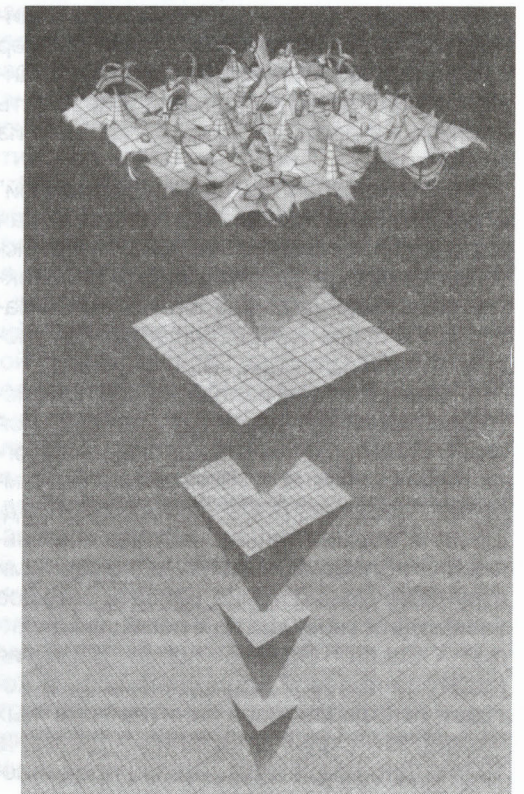
Вторая глава дает представление на интуитивном уровне о таких вопросах, как принцип относительности, постоянство скорости света, замедление времени и сокращение длин в движущихся системах отсчета. Надо отметить, что автор ашел прекрасные аналогии для демонстрации основных принципов релятивистской физики.

В третьей главе автор освещает отличие ньютоновской теории притяжения и ОТО А. Эйнштейна, а также приводит экспериментальные подтверждения ОТО.

В следующей главе излагаются основные идеи квантовой механики. Они обождались во многих научно-популярных книгах, и, казалось бы, найти новое описание сложно, но Б. Грин смог! Без сомнения, даже физик-специалист с удовольствием прочтет эту главу и, может быть, зановому осознает квантовую теорию.

Последняя глава этой части указывает на фундаментальное противоречие подходов ОТО и КТ, заключающееся в

Б. Грин показывает область пространства в большем масштабе. Кипящая квантовая пена проявляется при максимальном увеличении.



пространства. Противоречие предполагается разрешить с помощью теории суперструн. Согласно этой теории, вместо того чтобы трактовать различные элементарные частицы как точечные объекты, их рассматривают как различные типы колебаний некоторого нового одномерного пространственного объекта — струны. Частота колебаний определяет частицу и ее энергию. Типичный продольный размер струны очень мал — порядка планковской длины (10^{-33} см), таким образом, при малых энергиях (низкоэнергетический предел) струна неотличима от точечной частицы. В теории суперструн полагается, что все известные физические взаимодействия осуществляются не с помощью частиц-переносчиков, а с помощью струн. ТС начинает проявлять себя только при сверхвысоких энергиях, какие реализовывались в ранней Вселенной.

Как решается основная проблема квантовой гравитации — отсутствие гладкости континуума на планковском масштабе? Физики показали, что увеличение энергии струны не приводит к увеличению ее способности “различать” все более мелкие масштабы. Примерно с планковской энергии начинает расти размер самой струны! Таким образом, субпланковские масштабы не могут оказывать влияние на реальный мир, созданный из суперструн.

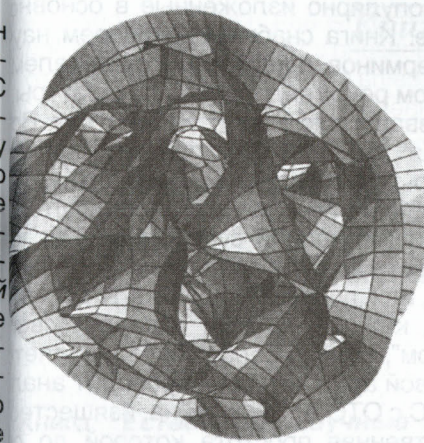
Третья часть “Элегантной Вселенной” с поэтическим названием “Космическая симфония” посвящена теории струн от истории создания до отдаленных перспектив развития. Представленный здесь материал в основном посвящен феноменологическим аспектам ТС.

В шестой главе изложена краткая история теории суперструн, начавшаяся еще в начале 70-х гг. прошлого века. Тогда было показано (Г. Венециано, Я. Намбу, Б.С. Нильсен, Л. Сасскинд), что, представляя элементарные частицы маленькими колеблющимися одномерными струнами, можно точно описать сильное взаимодействие частиц с помощью функций Эйлера. Однако после развития квантово-полевой хромодинамики, в которой использовалось понятие точечных частиц, от струн отказались. Далее, в 1974 г. Дж. Шерк и Дж. Шварц предпо-

жили, что первая неудача теории струн была связана с тем, что область ее применения была сужена. Они объявили, что ТС включает в себя не только сильные взаимодействия, но и гравитацию. В 1984 году было показано (М. Грин, Дж. Шварц), что теория суперструн может охватить все четыре вида взаимодействий и все (известные на тот момент) виды материи. Период с 1984 г. по 1986 г. — период “первой суперструнной революции”, в процессе которой было окончательно установлено, что многочисленные свойства стандартной модели могут быть естественно получены из ТС. Однако дальнейшее развитие исследований затормозилось из-за технических трудностей математического описания этой теории — оказалось возможным работать только с приближенными решениями приближенных уравнений (пертурбативный подход). В 1995 г. началась “вторая суперструнная революция”, когда было показано, что теория суперструн в действительности включает в себя компоненты различной размерности: не только одномерные струны, но и элементы, похожие на диски, на трехмерные капли и более сложные топологические структуры.

В седьмой главе автор акцентирует внимание на важности понятия симметрий и суперсимметрий в стандартной модели и в теории струн. Подробно рассматривается основная проблема “первой суперструнной революции”, когда было показано, что суперсимметрия может входить в ТС **пятью** различными способами. Этот факт приводит к пяти различным теориям с различными свойствами, каждая из которых претендует на единственную теорию объединения. “Вторая суперструнная революция” продемонстрировала, что на самом деле все эти пять теорий суть пять различных способов описания одной, более общей, так называемой М-теории (существует несколько вариантов расшифровки этого названия: мистическая, материнская, мембранная, матричная).

В восьмой главе Б. Грин затрагивает важнейший вопрос о дополнительных измерениях, которые требуются для непротиворечивого математического описания всех пяти теорий струн и общей М-те-



и. ТС непротиворечивы только в **шести** измерениях — пространстве-времени. При этом к нашему четырехмерному миру это означает, что шесть дополнительных измерений должны быть малыми и компактными (модель Калуцы-Эйнштейна). Наглядно объясняется механизм образования дополнительных измерений и их возможная структура (многообразие Калаби-Яу).

В девятой главе дается критическая оценка “такой амбициозной” теории суперструн и возможностей ее экспериментальной проверки, так как только эксперимент (в физике) или наблюдения (в астрономии) позволяют установить истинность теории. Основная и до сих пор нерешенная проблема пяти ТС и обобщающей их М-теории — существование огромного числа возможных типов структур дополнительных измерений (многообразий Калаби-Яу). В настоящий момент не представляется возможным определить, какое из этих многообразий определяет дополнительные измерения, т.е. каково именно многообразие реализуется в нашем мире.

В **четвертой части** Б. Грин пишет о связи теории суперструн со структурой пространства-времени. Эта часть — ключевая в книге, в ней идет речь о построении единой М-теории, объединяющей все пять ТС, и о применимости этой единой теории к описанию нашей Вселенной.

Глава десятая посвящена некоторым вопросам топологии нашей Вселенной:

Пример сложнейшей геометрии дополнительных пространственных измерений — многообразие Калаби-Яу.

простейшей римановой геометрии, а также типам геометрий, реализующихся в космологических моделях и геометрическим особенностям ТС (квантовая геометрия). Рассмотрено основное понятие “расстояния” в квантовой геометрии, согласно которому физически неразличимы циклические пространства с радиусами дополнительных измерений R и $1/R$, причем минимально возможный радиус имеет планковский размер.

В одиннадцатой главе речь идет о дальнейших исследованиях топологии дополнительных измерений для выявления общих классов многообразий Калаби-Яу. Конечная цель поисков — узнать, какое же из этих многообразий реализовано в нашей Вселенной. Полностью эта задача не решена. Описываются различные виды преобразований таких многообразий: флоп-перестройка (разрывы пространства) и зеркальные отражения. Так как свойства окружающего нас мира напрямую зависят от структуры дополнительных измерений, то, например, преобразования многообразий Калаби-Яу, связанные с флоп-перестройкой, могут объяснить изменения масс элементарных частиц в ранней Вселенной.

Глава двенадцатая посвящена М-теории, объединяющей пять ТС. М-теория, кроме одномерных струн, включает в себя двумерные и трехмерные поверхности и поверхности большего числа измерений. Создание этой теории — основа “второй суперструнной революции”. Ключевое понятие при объединении разрозненных струнных теорий — дуальность. Дуальными являются модели, различные по своему описанию, но приводящие к идентичным физическим следствиям. Каждая из пяти ТС характеризуется своей константой связи, которую полагают меньше единицы для возможности использования в ТС аппарата теории возмущений (пертурбативный подход). Оказалось, что если в двух из пяти теорий струн положить константу связи больше единицы, то эти теории становятся идентичны двум другим теориям с константой

связи, меньшей единицы. Оставшаяся, пятая ТС, оказалась дуальна самой себе, то есть при константе связи больше единицы эта теория эквивалентна самой себе, но с обратной константой связи. Дополнительно учитывая свойства квантовой геометрии, можно показать, что все пять ТС дуальны друг другу и дуальны 11-мерной М-теории. В низкоэнергетическом пределе М-теория переходит в 11-мерную квантово-полевую теорию гравитации с точечными частицами. При сверхвысоких энергиях свойства М-теории до конца не изучены. Важно отметить, что 11 – это максимально возможное число измерений. Модели с большим количеством измерений не удовлетворяют современным наблюдательным данным.

В тринадцатой главе описываются черные дыры в рамках теории струн и М-теории. В ней говорится об энтропии и "испарении" черных дыр.

В главе четырнадцать кратко рассматриваются стандартная космологическая модель, а также применения теории струн к космологии. Рассказывается о развитии Вселенной от планковских времен до сотых долей секунды после Большого взрыва. Указаны три важнейших пункта, по которым стандартная космологическая модель отличается от космологической модели в ТС. Во-первых, в суперструнном подходе Вселенная имеет минимально допустимый размер. Во-вторых, так как число пространственно-временных измерений больше четырех, то космология должна описывать эволюцию этих измерений. В-третьих, с помощью понятия дуальности малых и больших радиусов оказывается возможным объяснить, почему в нашей Вселенной реализовалось только три протяженных измерения. Здесь также рассматриваются современные модели инфляции и проблема мультивселенной.

Пятая часть посвящена перспективам развития ТС, М-теории и физики будущего.

В целом книга предназначена для широкого круга читателей, не имеющих специальной математической подготовки. В примечаниях можно найти некоторые математические выкладки и более корректные описания физических процес-

сов, популярно изложенные в основном тексте. Книга снабжена словарем научных терминов, предметным указателем и списком рекомендованной литературы.

Назвав свою книгу "Элегантная Вселенная", Б. Грин хотел показать красоту нового подхода к описанию структуры Вселенной от микро- до макромасштабов с помощью теории суперструн. Так как все частицы суть различные колебания струн, или, прибегая к музыкальной метафоре, каждая частица обладает своим "звуком", то вся Вселенная уподобляется "эоловой арфе". Б. Грин проводит аналогию ТС с ОТО А. Эйнштейна, изящество и естественная простота которой до сих пор поражает умы. Однако теория струн не так проста и наглядна, а также содержит некоторые нерешенные математические проблемы и пока не может претендовать на законченную теорию мироздания. Безусловно, пройденный значительный путь в развитии этой теории, так захватывающе описанный Б. Грином, дает основания надеяться, что сейчас мы как никогда близки к созданию фундаментальной модели мира.

Необходимо обратить внимание на некоторую необъективность автора в освещении истории создания современной физики, а также в подборе рекомендованной литературы. К счастью, российский читатель имеет возможность познакомиться с вкладом российских ученых в становление теории струн и теорий дополнительных измерений, а также с их возможными приложениями к современной космологии. (См. обзор В.А. Рубакова "Большие и бесконечные дополнительные измерения". – Успехи физических наук, 2001, № 171, а также книги по космологии для широкого круга читателей: М.В. Сажин. "Космология в популярном изложении". М.: УРСС, 2002; А.М. Черепашук, А.Д. Чернин. "Вселенная, жизнь, черные дыры". Фрязино, БЕК2, 2003).

М.В. САЖИН
доктор физико-математических наук
О.С. ХОВАНСКАЯ
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Основы устойчивости жизни

Книга "Естественнонаучные основы устойчивости жизни" академика

Я. Кондратьева, К.С. Лосева, М.Д. Ана-
ичевой и И.В. Чеснокова вышла в
2003 г. в Москве (издательство ВНИИ-
и), а в 2005 г. – в Германии (издательст-
во Шпрингер-праксис) на английском

языке. Ей предшествовало множество
публикаций, где авторы в разном сочета-
нии, но при неизменном участии К.Я. Кон-
дратьева и К.С. Лосева, обсуждали про-
блемы глобальной экологии. Вышедшая
книга подводит итог этим дискуссиям.

Особое внимание авторов привлекла
концепция биотической регуляции жизни
на Земле, предложенная в 1955 г.
Г. Горшковым, в соответствии с кото-
рой биота не способна адаптироваться ко
всем происходящим в окружающей среде
изменениям. Напротив, она сама регули-
рует среду, формирует и организует ее.
олько регулирующей ролью биоты мож-
но объяснить "наблюдаемую устойчи-
вость окружающей среды для жизни".
ри отсутствии на Земле жизни наша
планета оказывается во власти одного
из двух устойчивых состояний: полно-
стью оледенелого или совершенно без-
жизненного – оба исключают возможность
существования живых организмов. Книга
поспособствует более углубленному пони-
манию этой концепции в контексте устой-
чивого развития. Она написана простым
понятным языком.

Академик В.М. Котляков в послесло-
вии к книге подчеркнул главную ее
цель: "...все развитие цивилизации
представляло собой путь постоянного на-
тапливания человека на природу, преоб-
разования географической среды для

нужд человека, путь глобальной экспан-
сии, он осваивал новые территории и
стремился привести их к оптимальному
для себя состоянию. И, в конце концов, в
XX в. человечество перешло и отбросило
основное экологическое ограничение –
оно вышло за пределы несущей емкости
глобальной экосистемы".

В трех первых главах изложены взгля-
ды авторов на организацию жизни на
Земле и механизмы ее регуляции. Вво-
дится понятие "эколого-географическое
пространство". По мнению авторов, ра-
нее географы недооценивали учение
В.И. Вернадского о биосфере, не прида-
вая значения роли биоты в организации
жизни на Земле, не замечали того, что
"географическая среда", "биосфера" и
"окружающая среда" суть термины-сино-
нимы, оформившиеся в разных науках.
Такие ученые, как теоретик физической
географии А.А. Григорьев, а также био-
логи по образованию В.Б. Сочава и
Л.С. Берг, прекрасно понимали роль био-
ты в создании и поддержании окружаю-
щей природной среды и биосферы. Биота
формирует "окружающую природную
среду" (природу), а человек создает
свою, техногенную "окружающую среду".
Отсюда и два различных понятия в ан-
глоязычной литературе: nature conserva-
tion (охрана природы) и environmental pro-
tection (проблемы окружающей среды) –
химическое, физическое и биологичес-
кое загрязнение, истощение ресурсов,
экологические проблемы промышленно-
сти и энергетики.

Для биологов, которые понимают эко-
логию как "науку о взаимоотношениях
организмов между собой и ... со средой",

вопрос о том, регулирует биота среду или адаптируется к ней, не имеет альтернативных оттенков. Оба процесса равнозначны. А правило *“растекания жизни”* В.И. Вернадского, развиваемое В.Г. Горшковым как *“тенденция к экспансии”* организмов, и представляет собой реализацию эволюционных достижений биоты. Хочется привести цитату из работы одного из первых российских экологов В.В. Станчинского *“О значении массы видового вещества в динамическом равновесии биоценозов”* (1931): *“Жизнь непрерывно связана с превращением энергии. Количество живого вещества в биосфере зависит, в конечном счете, от количества трансформируемой автотрофными зелеными растениями солнечной энергии... Равновесие, в котором находятся биоценозы, носит динамический характер...”*

Нельзя не согласиться с тем, что *“биота служит главным фактором в географической среде”*. Но утверждать, как это делается в книге, что *“единственный механизм сохранения упорядоченности (в то же время обеспечивающий эволюцию) — это стабилизирующий отбор”*, значит абсолютно упрощать механизмы развития биоты. Межвидовые и внутривидовые взаимоотношения организмов и их связи со средой — основа эволюционных преобразований. Одновременно происходит эволюция нишевых различий, что позволяет еще более эффективно использовать ресурсы среды, менять структуру сообществ, параметры их функционирования, а главное — закреплять за организмами функции средообразования в становлении или восстановлении экосистемы. На наш взгляд, нет оснований для пересмотра понятийного аппарата и терминологии современного ландшафтоведения, биологии и экологии.

В главах 4–6 книги обсуждаются проблемы нарастающего экологического кризиса и преобразования человеком природной среды. Авторы подробно освещают этапы становления цивилизации, подводя нас к мысли о глобальном характере трансформации природы еще в далекие века и выделяя этапы технологических революций (первый — производство пищи, второй — индустриализации, третий — информатизации). Весьма при-

влекательна логика повествования, способствующая осознанию того, что валовой продукт и богатство развитых стран в последние десятилетия формируются за счет интернационализации производства, экологических и социальных издержек.

Формирование мирового сообщества в книге анализируется с точки зрения одной из базовых концепций классической экологии МакАртура и Уилсона (1967). Рассматривая проблему овладения человеком планетой, авторы объясняют экологические кризисы и демографические взрывы XX в. его экспансионистской стратегией.

В главах 7–9 развенчиваются стереотипы и мифы в восприятии взаимоотношений человека и природы о том, что человечество *“перешло предел возмущения биосферы”*, нарушив *“устойчивость климатической системы”*. Авторы совершенно правы в том, что лишь природные экосистемы способны обеспечивать глобальную устойчивость биосферы, а экономическая ценность только одной их функции (например, регуляции концентрации в атмосфере парниковых газов) сопоставима с таковой ценностью всех минеральных ресурсов планеты.

Авторы отвергают представления о том, что возможно создать среду обитания техническими средствами, экологические проблемы решить технологиями. Они формулируют тезис: *“этнические ценности противостоят требованиям устойчивой жизни”*. Это алармизм (от английского alarm — тревога), лишь одно из мировоззренческих направлений. Кроме него проблемы взаимоотношения природы и общества могут рассматриваться с позиций биотической регуляции, обеспечивающей устойчивость климата и окружающей среды в целом, а также с учетом новых экономических стимулов и финансовых механизмов сохранения природных экосистем. Это позиция экологического оптимизма и реализма.

Общее для всех экологических направлений — стремление обосновать необходимость сохранения окружающей среды в максимально естественном состоянии. Биоразнообразие — природный потенциал Земли как самоорганизую-

щейся системы. Чем больше сохраняется видов и разновидностей живого, тем устойчивее система. Значительная близость подходов к пониманию проблемы наблюдается и у тех, кто пытается свести ее к общегуманитарным идеям развития. К ним относится также идея *“устойчивого развития”* (Земля и Вселенная, 2003, № 5). Теория *“биотической регуляции”* В.Г. Горшкова принимается в качестве *“новой парадигмы”* в познании процессов взаимодействия человека и природы, правда, новой ее можно считать только для *“технократически”* настроенных исследователей природы. В интерпретации авторов она приобретает вид *“замкнутого круга”* человечества, роль которого выполняет *“несущая (хозяйственная) емкость”* Земли.

Встав на позиции оптимизма и реализма, книгу следует признать полезной. Она приоритетно рассматривает вклад естественных экосистем в глобальную устойчивость биосферы. Но хочется спросить: нужна ли столь вульгарная идеологизация общественного знания? Зачем в рамках рекомендуемого нового мышления отдалять человека от единственно правильной цели — *“сохранения природы для человека”*, заменяя ее абстрактным *“сохранением природы для природы”*?

Реальным шагом к снижению нагрузок на природу могут служить успехи биотех-

нологии, включая развитие марикультуры. Кроме того, выращивание генно-модифицированных культур более экономично и устойчиво по годам и не зависит от погодных аномалий. Об этом свидетельствует опыт ряда стран, среди которых Аргентина, Австралия, ЮАР, США, Канада. Успешно разрабатывает свою программу в этой области Китай. Россия же пока отстает с освоением новых технологий на 10–20 лет.

В то же время я согласен с тем, что надо чаще оповещать *“правящую элиту”* об опасности *“экологических кризисов”* и пропагандировать необходимость экологизации мышления.

Академик В.М. Котляков подчеркивает, что книга К.Я. Кондратьева с соавторами *“пытается ответить на сакральный вопрос — быть или не быть будущему человечества, есть ли у него шанс сохраниться на планете и что для этого необходимо сделать”*.

Неплохо, если прочитавшие книгу, подобно рецензенту, вступят с ее авторами в дискуссию. Ведь только в этом случае сможет выкристаллизоваться новая идея, которая овладеет массами и поможет сохранить природу Планеты.

А.А. ТИШКОВ,
доктор географических наук
Институт географии РАН

Внесолнечные планетные системы*

К середине июня 2005 г. число достоверно обнаруженных внесолнечных планетных систем достигло 136, причем в 14 из них найдено более одной планеты. Всего за пределами нашей Солнечной системы известно 155 планет. В двух предыдущих номерах опубликована информация о 100 звездах с планетными системами. Ее источник – “Энциклопедия внесолнечных планет” Жана Шнейдера (Медонская обсерватория, Франция, <http://vo.obspm.fr/exoplanetes/encyclo/catalog-main.php>.) Это планеты с периодами обращения от 1.2 до примерно 600 сут. Приведем данные об оставшихся 36 звездах с планетами, периоды обращения которых превышают 600 сут, а большие полуоси орбит лежат в пределах от 1.6 до 4.8 а.е. Объекты расположены в порядке возрастания периодов обращения.

Охарактеризуем чуть подробнее несколько наиболее интересных систем из перечисленных в таблице.

Звезда HD 11977, у которой недавно обнаружена массивная планета (6.54 $M_{Ю}$), пополнила не-

многочисленную группу красных гигантов с планетными системами (Земля и Вселенная, 2005, № 4). Масса звезды – около 1.9 $M_{\odot}$, что уступает только яркому гиганту класса K HD 13189 (№ 91 в таблице предыдущего номера), масса которого равна от 2 до 7 $M_{\odot}$.

Звезда 16 Лебеда – тройная система, состоящая из двух звезд солнечного типа и красного карлика. У компонента В открыта планета типа Юпитера на очень вытянутой орбите ($e = 0.67$). Минимальное расстояние от звезды до планеты меньше, чем от Солнца до Венеры, а максимальное – больше, чем от Солнца до Марса.

Звезда γ Цефея – оранжевый субгигант, одна из наиболее ярких звезд с планетами. Это широкая двойная система с большой полуосью 21 а.е. и периодом обращения вокруг общего центра масс 70 лет. Масса вторичного компонента 0.4 $M_{\odot}$. Наличие планет у звезд, входящих в двойные и кратные звездные системы (кроме проэволюционировавшей

звезды γ Цефея, планеты найдены в системах 86 Глизе, 55 Рака, τ Волопаса HD 41004 и уже упоминавшейся 16 Лебеда В), показывает, что даже в них планетные системы могут быть устойчивы на протяжении очень длительного времени и сохраняются вплоть до поздних стадий эволюции, когда звезда вступает в фазу красного гиганта.

47 Большой Медведицы – одна из первых звезд, около которых обнаружили планетную систему. В ее системе известны две планеты. Их массы и параметры орбит того же порядка, что у Юпитера и Сатурна. Это дает основание полагать, что данная планетная система образовалась примерно так, как наша Солнечная система. Следовательно, в ее внутренней области могут быть планеты земного типа, поэтому 47 Большой Медведицы – вероятный кандидат для поиска внеземной жизни.

Звезда ϵ Эридана – одна из наиболее близких к нам звезд (расстояние 10.5 св. лет). Интересно вспомнить, что в 1960 г.

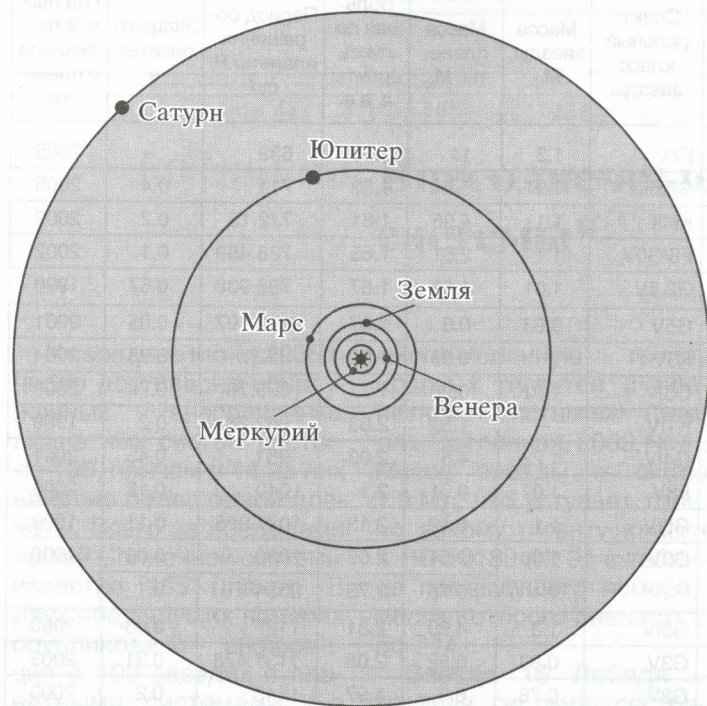
Звезды с планетами из “Энциклопедии внесолнечных планетных систем”

	Обозначение планет	Расстояние, пк	Зв. вел. V	Спектральный класс звезды	Масса звезды, $M_{\odot}$	Масса планеты, $M_{Ю}$	Большая полуось орбиты а, а.е.	Период обращения планеты P, сут	Эксцентриситет e	Год первой публикации о планете
01	HD 8673 b	38.25	7.57	F7V	1.3	14	1.58	639	–	2005
02	HD 11977 b	66.5	4.70	G8.5III	1.91	6.54	1.93	711	0.4	2005
03	HD 47536 b	123	5.26	K0III	1.1	4.96	1.61	712.13	0.2	2002
04	HD 23079 b	34.8	7.1	F8/G0V	1.1	2.61	1.65	738.459	0.1	2002
05	16 Лебеда В b	21.4	6.20	G2.5V	1.01	1.69	1.67	798.938	0.67	1996
06	HD 4208 b	33.9	7.79	G5V	0.93	0.8	1.67	812.197	0.05	2001
07	HD 114386 b	28.0	8.73	K3V	–	0.99	1.62	872	0.28	2004
08	HD 45350 b	49.0	7.88	G5IV	1.02	0.98	1.77	890.76	0.78	2005
09	γ Цефея b	11.8	3.22	K1IV	–	1.59	2.03	902.26	0.2	1989
10	HD 213240 b	40.75	6.80	G4IV	1.22	4.5	2.03	951	0.45	2001
11	HD 10647 b	17.3	5.52	F8V	1.07	0.91	2.1	1040	0.18	2000
12	HD 10697 b	30	6.29	G5IV	1.1	6.12	2.13	1077.906	0.11	1999
13	47 UMa b	13.3	5.10	G0V	1.03	2.54	2.09	1089	0.061	1996
	47 UMa c					0.76	3.73	2594	0.1	
14	HD 190228 b	66.11	7.30	G5IV	1.3	4.99	2.31	1127	0.43	2000
15	HD 114729 b	35	6.69	G3V	0.93	0.82	2.08	1131.478	0.31	2003
16	HD 111232 b	29	7.61	G8V	0.78	6.8	1.97	1143	0.2	2003
17	HD 2039 b	89.8	9.01	G2/3IV/V	0.98	4.85	2.19	1192.582	0.68	2002
18	HD 136118 b	52.3	6.94	F9V	1.24	11.9	2.3	1209	0.37	2002
19	HD 50554 b	31.03	6.86	F8	1.1	4.9	2.38	1279	0.42	2002
20	HD 196050 b	46.9	7.50	G3V	1.1	3	2.5	1289	0.28	2002
21	HD 216437 b	26.5	6.06	G4IV–V	1.07	2.1	2.7	1294	0.34	2002
22	HD 216435 b	33.3	6.03	G0V	1.25	1.49	2.7	1442.919	0.34	2002
23	HD 106252 b	37.44	7.36	G0	1.05	6.81	2.61	1500	0.54	2002
24	HD 23596 b	52	7.24	F8	–	7.19	2.72	1558	0.314	2003
25	14 Her b	18.1	6.67	K0V	1	4.74	2.8	1796.4	0.338	1998
26	HD 142022 A b	35.87	7.70	K0V	0.99	4.4	2.8	1923	0.57	2005
27	HD 39091 b	20.55	5.67	G1IV	1.1	10.35	3.29	2063.818	0.62	2001
28	HD 70642 b	29	7.18	G5IV–V	1	2	3.3	2231	0.1	2003
29	HD 33636 b	28.7	7.06	G0V	0.99	9.28	3.56	2447.292	0.53	2001
30	ϵ Эридана b	3.2	3.73	K2V	0.8	0.86	3.3	2502.1	0.608	1992
31	HD 117207 b	33	7.26	G8IV–V	1.04	2.06	3.78	2627.08	0.16	2005
32	HD 30177 b	55	8.41	G8V	0.95	9.17	3.86	2819.654	0.3	2002
33	HD 50499 b	47.26	7.22	GIV	1.27	1.84	4.403	2990	0.32	2005
34	HD 89307 b	33	7.06	G0V	1.27	2.73	4.15	3090	0.27	2005
35	HD 72659 b	51.4	7.48	G0V	0.95	2.96	4.16	3177.4	0.2	2003
36	Gl 777 A b	15.9	5.71	G6IV	0.9	1.33	4.8	3902	0.48	2003

Примечание. Обозначение самой близкой к звезде планеты состоит из названия или номера звезды по каталогу (в основном Генри Дрэпера) с добавлением буквы b. Вторая, более далекая, планета обозначается буквой c.

* Окончание. Начало см. Земля и Вселенная, 2005, №№ 4, 5.

Солнечная система



Орбиты планет b и c звезды 47 Большой Медведицы в сравнении с орбитами планет Солнечной системы (в одном масштабе). Рисунок автора.

она (вместе с τ Кита) была объектом первого поиска радиосигналов внеземных цивилизаций на волне

21 см (проект OZMA, обсерватория Грин Бэнк, США). Правда, открытая около нее планета вряд ли может оказаться прибежищем жизни, тем более высокоорганизованной. Ее масса близка к массе Юпитера, и она обращается, подобно многим другим внесолнечным планетам, по очень вытянутой орби-

те ($e = 0.6$). Исследования показывают, что у ϵ Эридана есть околосветный пылевой диск — остатки вещества, образовавшего планетную систему.

Г.М. РУДНИЦКИЙ,
кандидат физико-математических наук
ГАИШ МГУ

Система
47 Большой Медведицы

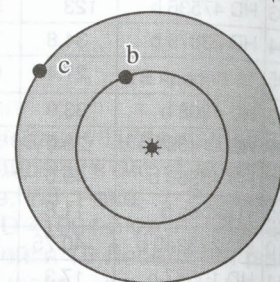


Таблица запусков космических аппаратов в 2004 г.*

В 2004 г. состоялось **55 запусков** (из них 3 аварийных, 1 частично удачный и 1 суборбитальный) с **39 КА**, в том числе при авариях 3 спутника утрачены. Космические аппараты принадлежали **15 странам**: Россия — 20, США — 18, КНР — 10, Франция — 6, Саудовская Аравия — 3, Испания, Украина и Япония — по 2, Аргентина, Бразилия, Израиль, Индия, Канада и Тайвань — по 1) и 3 международным организациям (ESA, Eutelsat и Intelsat). Запуски производились ракетами-носителями России, США, КНР, международной организации "Arianespace", Индии и Израиля. Стартовали РН с **11 космодромов**: Байконур (РФ, 17 запусков), Канавэрал (США, 13), Плесецк (РФ, 6), морская платформа "Одиссей" ("Морской старт", 3), Ванденберг (ВВС США, 3), Сичан (КНР, 3), Тайюань (КНР, 3), Куру (ESA, 3), Цзюцюань (КНР, 2), Шрихарикота (Индия, 1) и Пальмачим (Израиль, 1). Продолжилось сокращение числа стартов и КА, меньше спутников (55) было выведено на орбиту лишь в 1963 г.

Россия опередила США по запускам (23) и по количеству выведенных на орбиту космических аппаратов (39), из которых 20 — иностранного производства (США — 4, Саудовская Аравия — 3, Аргентина, Испания, Италия и Украина — по 2, Бразилия, Франция и международные организации ESA, Eutelsat и Intelsat — по 1). 8 ноября с космодрома Плесецк в рамках летно-космических испытаний успешно стартовала новая РН "Союз-2" (Земля и Вселенная, 2005, № 4). Четвертый раз осуществлен коммерческий запуск из шахтной установки космодрома Байконур РН "Днепр" (модернизация самой мощной в мире межконтинентальной баллистической ракеты Р-36М), которая вывела на солнечно-синхронную орбиту 8 микроспутников. Россия продолжала обслуживать Международную космическую станцию (МКС), так как в 2004 г. полеты американских кораблей "Спейс Шаттл" не возобновились. Экипажи стартовали на кораблях "Союз ТМА", а грузы — на КК "Прогресс М".

В США состоялось 16 запусков РН с 15 космическими аппаратами (в том числе 3 иностранных — Япония и Тайвань). Вышли на заданные орбиты 2 научных спутника, астрофизическая обсерватория "Swift" и АМС "Messenger" для исследования Меркурия. 21 декабря состоялся первый демонстрационный старт новой РН "Delta-4 Heavy", способной запускать грузы массой до 21.8 т.

Третье место по количеству запусков занимает **Китай**. Состоялось 8 успешных запусков с 10 космическими аппаратами. Запущен научный спутник "Tan Ce-2" по международной программе "Double Star" (двойная звезда) для изучения солнечно-земных связей и 3 экспериментальных научных ИСЗ.

Франции удалось вывести на орбиту 6 ИСЗ (в их числе 2 научных спутника), **Индия** запустила связной образовательный спутник. Международный западноевропейский консорциум "Arianespace" осуществил 3 успешных запуска РН "Ariane-5", на расчетные орбиты выведено 8 спутников Испании, Ка-

* Продолжение. Начало см.: 1996, № 4; 1997, № 5; 1998, № 5; 2000, №№ 3, 6; 2002, № 1; 2003, № № 2, 6; 2004, № 6.

Таблица

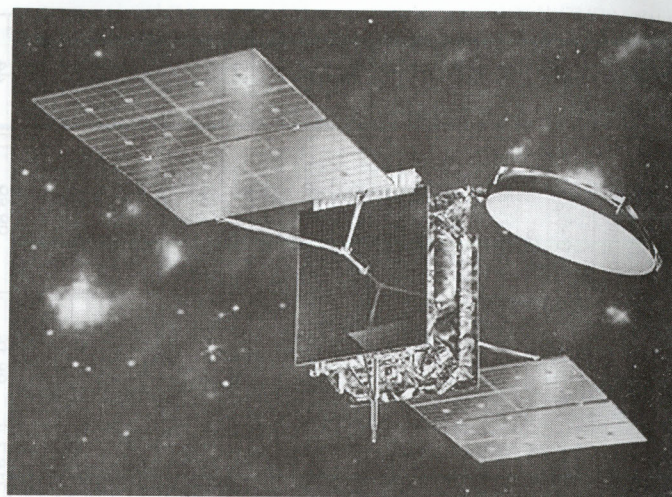
№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА, кг	Космодром	Тип РН	Высота орбиты, км	Наклонение, град.	Период обращения, мин	№ коммен- тария
01А	11 января	"Estrela do Sul" ("Telstar-14")	Бразилия, США	4694	"Одиссей"	"Зенит-3SL"	геостационарная орбита			1
02А	29 января	"Прогресс М1-11"	Россия	7296	Байконур	"Союз-У"	362 × 377	51.63	91.93	2
03А	5 февраля	"АМС-10" ("GE-10")	США	2340	Канаверал	"Atlas-2AS"	геостационарная орбита			3
04А	14 февраля	USA-176 ("DSP-22")	»	2350	»	"Titan-4B"	»			4
05А	18 февраля	"Молния-11"	Россия	1660	Плесецк	"Молния-М"	630 × 39726	62.86	717.8	5
06А	2 марта	"Rosetta" + "Philae"	ESA	3187 (100)	Куру	"Ariane-5G"	гелиоцентрическая орбита			6
07А	13 марта	"MBSat-1"	Япония	4143	Канаверал	"Atlas-3A"	геостационарная орбита			7
08А	15 марта	"Eutelsat W-3A"	(ESA)	4250	Байконур	"Протон-Бриз"	»			8
09А	20 марта	USA-177 ("Navstar-54")	США	2032	Канаверал	"Delta-2"	20098 × 20277	55.07	718.03	9
10А	27 марта	"Радуга-1" (№ 17)	Россия	2400	Байконур	"Протон-К"	геостационарная орбита			10
11А	15 апреля	"Superbird-6" (A2)	Япония	3100	Канаверал	"Atlas-2AS"	»			11
12А	18 апреля	"Shiyan Weixing-1"	КНР	204	Сичан	"CZ-2C"	604.3 × 615.3	96.84	96.9	12
12В	»	"Naxing-1"	»	25	»	»	604.4 × 615.5	97.71	96.84	13
13А	19 апреля	"Союз ТМА-4"	Россия	7219	Байконур	"Союз-ФГ"	360 × 368	51.63	91.83	14
14А	20 апреля	"Gravity Probe-B"	США	3314	Ванденберг	"Delta-2"	634.2 × 652.4	90.01	97.65	15
15А	26 апреля	"Экспресс AM-11"	Россия	2543	Байконур	"Протон-К"	геостационарная орбита			16
16А	4 мая	"DirecTV-7S"	США	5472	"Одиссей"	"Зенит-3SL"	»			17
17А	19 мая	"АМС-11" ("GE-11")	США	2340	Канаверал	"Atlas-2AS"	»			3
18А	20 мая	"Roosat-2" ("Chunghua-2")	Тайвань	764	Ванденберг	"Taurus-XL"	727.8 × 738.6	99.11	99.49	18
19А	25 мая	"Прогресс М-49"	Россия	7261	Байконур	"Союз-У"	360 × 367	51.63	91.7	2
20А	28 мая	"Космос-2405"	»	3300	»	"Циклон-2"	412.2 × 428.4	65.03	92.78	19
21А	10 июня	"Космос-2406"	»	3200	»	"Зенит-2"	853.3 × 890.8	71.01	102.08	20
22А	16 июня	"Intelsat-10" (№ 2)	(США)	5575	»	"Протон-М"	геостационарная орбита			21
23А	23 июня	USA-178 ("Navstar-55")	»	2041	Канаверал	"Delta-2"	20308 × 20317	55.17	718.1	9
24А	29 июня	"Telstar-18" ("Apstar-5")	США	4640	"Одиссей"	"Зенит-3SL"	геостационарная орбита			1
25А, G	»	"Latinsat-D, -C" (№ 3, 4)	Аргентина	2 × 12	Байконур	"Днепр"	708.6 × 774.8	98.27	99.51	22
25С	»	"Demeter"	Франция	132.5	»	»	711.1 × 735.4	98.23	99.02	23
25D, E	»	"SaudiComSat-1, -2"	С. Аравия	2 × 15	»	»	709.6 × 760.4	98.26	99.35	24
25F	»	"SaudiSat-2"	»	35	»	»	710.1 × 746.8	98.27	99.18	»
25H	»	"Unisat-3"	Италия	12	»	»	706.8 × 805.5	98.25	99.85	25
25K	»	"AMSat-Echo" ("Oscar-51")	США	12	»	»	705.4 × 821.7	98.26	100.03	26
26А	15 июля	"Aura"	»	2967	Ванденберг	"Delta-2"	668.9 × 687.7	98.22	98.36	27
27А	18 июля	"Anik-2"	Канада	5965	Куру	"Ariane-5G"	геостационарная орбита			28
28А	22 июля	"Космос-2407"	Россия	820	Плесецк	"Космос-3М"	967 × 1019	82.96	104.7	29

№ КА (индекс)	Дата запуска	Название КА	Страна	Вес КА, кг	Космодром	Тип РН	Высота орбиты, км	Наклонение, град.	Период обращения, мин	№ коммен- тария
29А	25 июля	"Tan Ce-2" ("DSP-P")	КНР	343	Тайюань	"CZ-2C"	681.7 × 38278.9	90.1	695.2	30
30А	3 августа	"Messenger"	США	1066	Канаверал	"Delta-2"	гелиоцентрическая орбита			31
31А	4 августа	"Amazonas"	Испания	5500	Байконур	"Протон-М"	геостационарная орбита			32
32А	11 августа	"Прогресс М-50"	Россия	7264	»	"Союз-У"	357.5 × 369.2	51.64	91.79	2
33А	29 августа	"FSW-3" (№ 2)	КНР	3000	Цзюцюань	"CZ-2C"	166 × 477	63.01	90.95	33
34А	31 августа	USA-179 ("Nemesis")	США	1700	Канаверал	"Atlas-2AS"	396 × 39980	59.29	718.2	34
»	6 сентября	"Ofeq-6"	Израиль	300	Пальмахим	"Shavit"	—	—	—	35
35А-В	8 сентября	"Shi Jian-6A, -6B"	КНР	2 × 650	Тайюань	"CZ-4B"	587.1 × 607.5	97.73	96.66	36
36А	20 сентября	"EduSat" ("GSat-3")	Индия	1950	Шрихарикота	"GSLV"	геостационарная орбита			37
37А-В	23 сентября	"Космос-2408, -2409"	Россия	2 × 230	Плесецк	"Космос-3М"	1472 × 1518	82.48	115.7	38
38А	24 сентября	"Космос-2410" ("Кобальт")	»	6700	»	"Союз-У"	204 × 295	67.15	89.49	39
39А	27 сентября	"FSW-3" (№ 3)	КНР	3000	Цзюцюань	"CZ-2D"	202.5 × 302.1	63.02	89.53	33
40А	14 октября	"Союз ТМА-5"	Россия	7218	Байконур	"Союз-ФГ"	366 × 378	51.65	91.82	40
41А	»	"АМС-15" ("GE-15")	США	4070	»	"Протон-М"	геостационарная орбита			3
42А	19 октября	"Feng Yun-2C" (№ 4)	КНР	1380	Сичан	"CZ-3A"	»	»	»	41
43А	29 октября	"Экспресс AM-1"	Россия	2542	Байконур	"Протон-К"	»	»	»	16
44А	6 ноября	"Ziyouan-2C" (№ 3)	КНР	1500	Тайюань	"CZ-4B"	474.1 × 485.2	97.33	94.22	42
45А	»	USA-180 ("Navstar-56")	США	2032	Канаверал	"Delta-2"	20369 × 20377	54.84	717.9	9
»	8 ноября	"Облик" (макет)	Россия	6450	Плесецк	"Союз-2А"	—	—	—	43
46А	18 ноября	"Shiyan Weixing-2"	КНР	300	Сичан	"CZ-2C"	692.1 × 716.7	98.16	98.89	44
47А	20 ноября	"Swift" ("Explorer-84")	США	1470	Канаверал	"Delta-2"	583.4 × 599.8	20.56	96.4	45
48А	17 декабря	"АМС-16" ("GE-16")	»	4100	»	"Atlas-5"	геостационарная орбита			3
49А	18 декабря	"Helios-2A"	Франция	4200	Куру	"Ariane-5G"	658.4 × 673.1	98.08	98.12	46
49В	»	"Nanosat-01"	Испания	20	»	»	650.5 × 673.3	98.07	98.03	47
49С-Г	»	"Essaim-1-4"	Франция	4 × 120	»	»	648 × 673	98.07	98.01	48
49G	»	"Parasol"	»	120	»	»	644.4 × 673.4	98.08	97.97	49
50А	21 декабря	USA-181 ("Demosat")	США	6071	Канаверал	"Delta-4H"	19031 × 36421	13.47	1044.4	50
»	»	"3CS-1", "3CS-2"	»	2 × 16	»	»	—	—	—	51
51А	23 декабря	"Прогресс М-51"	Россия	7268	Байконур	"Союз-У"	367 × 380	51.65	91.83	2
52А	24 декабря	"Сич-1М" (№ 2)	Украина	2223	Плесецк	"Циклон-3"	283.2 × 649.8	82.56	93.86	52
52С	»	"Микрон"	»	66	»	»	284.4 × 648.9	82.56	93.87	53
53А-С	26 декабря	"Космос-2411-2413"	Россия	3 × 1415	Байконур	"Протон-К"	19134 × 19164	64.85	676.06	54

нады и Франции. Успешно вышла на траекторию полета к комете Чурюмова-Герасименко европейская АМС "Rosetta" (Земля и Вселенная, 2004, № 4).

На МКС работали девятая и десятая основные экспедиции, а также шестая и седьмая экспедиции посещения. Выполнено два пилотируемых полета на российских КК "Союз ТМА-4 и -5" с тремя отечественными космонавтами, двумя астронавтами США и одним – ESA (Нидерланды).

На межпланетные траектории полетов выведено 2 АМС, околоземных орбит достигли американская астрофизическая обсерватория и 5 научных спутников (США – 2, Франция – 2, КНР – 1). На геостационарной орбите размещено 19 спутников. Стартовавшие космические аппараты по назначению распределились следующим образом: связь, телевидение и ретрансляция – 23, научные – 12, навигация – 7, экспериментальные – 4, дистанционное зондирование Земли – 3, метеорологический, радиолобительский, образовательный и технологический макет – по 1. Запущено 26 спутников военного назначения (11 российских, 6 США, 5 французских, 3 КНР и 1 израильский), в их числе: 12 разведывательных (4 – радиоэлектронные, по 3 – оптико-электронные и фотонаблюдение, 2 – морская радиотехническая разведка), 7 – навигация, 5 – связь, 1 – предупреждение о ракетном нападении и обнаружение пусков баллистических ракет.



Американские геостационарные телекоммуникационные ИСЗ серии "АМС" (запущены четыре КА №№ 3А, 17А, 41А и 48А). Рисунок Lockheed Martin.

В таблице представлены стартовые массы космических аппаратов и параметры окончательных (рабочих) орбит спутников, кроме геостационарной, близкой к высоте 35 800 км, наклонению 0–2° и периоду обращения 1436 мин. Запуск нескольких КА одной ракетой-носителем обозначен одинаковой цифрой индекса (например, 8 спутников №№ 25А–К).

Комментарии к таблице

1. 14-й и 15-й геостационарные спутники связи прямого телевидения американской корпорации Telstar входят в систему из 6 ИСЗ, обеспечивающую на территории США, Южной Америки и Юго-Восточной Азии прием более чем 500 цифровых телеканалов и видеопрограмм, дистанционного обучения,

доступ в Интернет. Бразильско-американский ИСЗ "Estrela do Sul" (Звезда Юга, № 01А) и "Apstar-5" (№ 24А) принадлежат компании Loral Skynet. Доставлены в точки 63° з.д. и 138° в.д. Осуществлены 12-й и 14-й запуски международного проекта "Морской старт" (Земля и Вселенная, 2001, № 1) с экватора в Тихом океане.

2. Транспортные грузовые корабли "Прогресс М" и "М1" доставляют на МКС научные приборы и сменяемые системы, расходные материалы (вода, питание, топливо), обеспечивающие длительную работу экипажей. Корабли сошли с орбиты 3 июня (№ 2А), 30 июля (№ 19А) и 22 декабря 2004 г. (№ 32А), 8 марта 2005 г. (№ 51А).

3. 17–20-й американские геостационарные телекоммуникационные ИСЗ серии "АМС" ("GE") входят в состав одной из крупней-

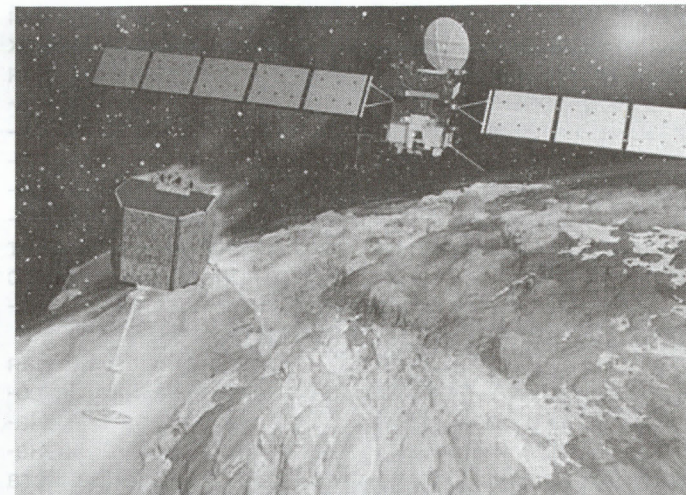
ших спутниковых группировок (16 КА). Предназначены для ретрансляции цифрового телевидения, аналогов повышенной четкости изображения и передачи данных на территории Северной Америки и Карибских островов. Принадлежат международной корпорации SES Americom. Выведены в точки "стояния" – 135° з.д. (№ 3А), 81° з.д. (№ 17А позднее переведен в 146° з.д.), 05° з.д. (№ 41А) и 85° з.д. (№ 48А).

4. 24-й американский военный геостационарный ИСЗ "DSP" входит в систему предупреждения о ракетном нападении, обнаруживает запуски баллистических ракет и ядерные взрывы. Он также осуществляет мониторинг пожаров, вулканической активности и падения метеоров. Параметры орбиты засекречены, вероятная точка "стояния" – 103° в.д.

5. Российский спутник связи "Молния-1Т" (№ 6) входит в систему специальной связи и управления Ракетных войск стратегического назначения.

6. Европейская АМС "Rosetta" ("Розетта") для исследования кометы Чурюмова-Герасименко состоит из орбитального аппарата (11 научных приборов) и посадочной станции "Philae" ("Файле", 9 приборов). В 2014 г. станция выйдет на орбиту вокруг ядра кометы и сбросит на ее поверхность посадочную станцию (Земля и Вселенная, 2004, № 4).

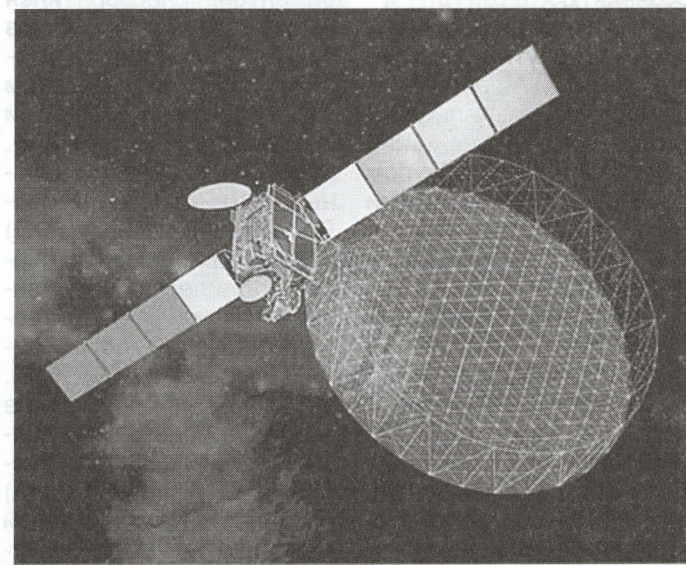
7. Японский геостационарный спутник "MBSat" непосредственного веща-



АМС "Rosetta" (ESA) пролетает около ядра кометы Чурюмова-Герасименко (справа) после выхода на ее орбиту в 2014 г. На первом плане посадочный аппарат "Philae" совершает спуск на комету. Рисунок EADS Astrium.

ния снабжен крупногабаритной разворачиваемой антенной диаметром 12 м. Он обеспечивает в различных режимах передачу данных на портатив-

ные мобильные и стационарные устройства абонентов японского архипелага и Южной Кореи. Доставлен в точку "стояния" 144° в.д.



Геостационарный спутник непосредственного телевидения "MBSat" (Япония) с разворачиваемой антенной диаметром 12 м. Рисунок NASDA.

8. Геоостационарный многофункциональный телекоммуникационный спутник европейской организации "Eutelsat" для передачи программ цифрового телевидения и выполнения других услуг связи на территории Европы, Ближнего Востока и части Африки. Выведен в точку 7° в.д.

9. 11–13-й военные навигационные КА "Navstar-2R" третьего поколения (№№ 09A, 23A и 45A) входят в американскую глобальную спутниковую систему GPS (27 спутников), выполняющую высокоточное определение местоположения и времени наземных, морских, воздушных и космических целей.

10. 17-й геоостационарный военный спутник "Радуга-1" третьего поколения из серии "Глобус-1" (№ 5). Запущен в интересах Министерства обороны РФ. Переведен в точку "стояния" 85° в.д.

11. 6-й геоостационарный японский спутник-ретранслятор серии A2 обеспечивает цифровым телерадиовещанием, дистанционным обучением и доступом в Интернет территории Азии, Австралии и Микронезии. Точка "стояния" – 158° в.д.

12. Китайский КА дистанционного зондирования Земли "Shiyan Weixing" (экспериментальный спутник), или "Tan Suo-1" (исследователь). Производит фото- и спектрозональную картографическую стереосъемку с разрешением 10 м территории КНР в военных и гражданских интересах.

13. Экспериментальный китайский наноспутник "NX-1" предназначен для съемки космических объектов на близком расстоянии, испытания платформы и проведения экспериментов по автономной навигации. В ходе полета от КА отделились мишени с целью испытания видеокамеры.

14. Девятая основная экспедиция на МКС в составе командира Г.И. Падалки (РФ) и бортинженера, научного специалиста М. Финка (США). С ними стартовал астронавт ESA А. Кёйперс (Нидерланды). 30 апреля он совершил посадку на корабле "Союз ТМА-3" вместе с экипажем МКС-8 (длительность экспедиции 194 сут) – командир А.Ю. Калери (РФ) и бортинженер, научный специалист М. Фоул (США). В течение 188-сут полета экипаж МКС-9 выполнил более 40 научных экспериментов, возвратился 24 октября на КК "Союз ТМА-4" вместе с российским космонавтом Ю.Г. Шаргиным (Земля и Вселенная, 2004, №№ 2, 4).

15. Американский научный спутник "Gravity Probe-B" (гравитационный зонд) с двумя приборами на борту выполняет эксперименты в области общей теории относительности (Земля и Вселенная, 2005, № 2).

16. 2-й и 3-й российские геоостационарные ИСЗ связи нового поколения "Экспресс АМ" (№№ 15A и 43A) созданы НПО прикладной механики им. М.Ф. Решетнева (Железногорск) и французской компанией Alcatel Space. Зона обслужи-

вания охватывает всю территорию России, стран СНГ, часть Африки и Юго-Восточной Азии. Выведены в точки 96.5° и 40° в.д.

17. 6-й геоостационарный спутник американской телевизионной компании Diges TV обеспечивает работу каналов цифрового телевидения и повышенной четкости изображения на территории США и Гавайских островов. Размещен в точке 119° з.д.

18. Спутник прикладного назначения "RocSat-2" (Тайвань), или "Chunghua-2" (китайский спутник), создан Управлением национальной космической программы (NSPO) и европейской корпорацией Astrium. Предназначен для оперативной съемки с высоким разрешением в целях мониторинга окружающей среды и экологии. Первый запуск нового варианта твердотопливной американской РН "Taurus".

19. 11-й военный спутник серии "УС-ПУ" низкоорбитальной системы морской радиотехнической разведки предназначен для обнаружения подводных лодок. Входит в космическую систему Военно-морского флота РФ.

20. Российский секретный КА серии "Целина-2" осуществляет электронную разведку и перехват радиопереговоров. Запущен в интересах Главного разведывательного управления Генерального штаба Министерства обороны РФ.

21. 27-й геоостационарный спутник связи и непосредственного телевидения новой серии междуна-

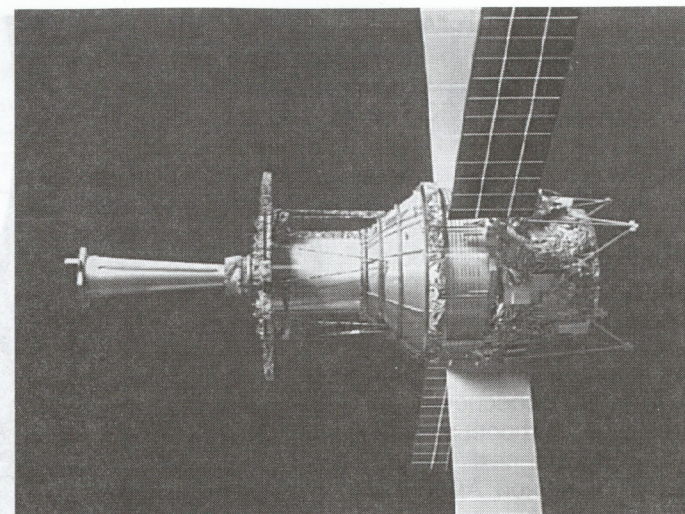
родной организации Intelsat изготовлен европейской фирмой EADS (Astrium). КА обслуживает страны Европы, Ближнего Востока, Африки и Южной Америки. Размещен в точке 1° з.д.

22. 3-й и 4-й аргентинские микроспутники связи (№№ 25A и 25G) созданы американской компанией SpaceQuest Ltd. Передают информацию с портативных стационарных и передвижных мобильных абонентских станций.

23. Французский малый научный спутник "Demeter" (назван по имени греческой богини плодородия и земледелия Деметры) предназначен для регистрации электромагнитной эмиссии в верхней атмосфере Земли, возникающей после вулканической и сейсмической активности. С помощью пяти приборов отрабатываются методы определения сейсмоопасных районов для прогнозирования и предупреждения землетрясений.

24. Три коммерческих микроспутника Саудовской Аравии. Два ИСЗ (№№ 25D и 25E) обеспечивают обмен данными между абонентскими станциями по всему миру. Спутник (№ 25F) занимается съемкой поверхности с разрешением 15 м, провел эксперимент по лазерной локализации.

25. Итальянский студенческий образовательный микроспутник создан студентами и преподавателями Аэрокосмического инженерного факультета Университета La Sapienza (Рим). С его помощью ис-



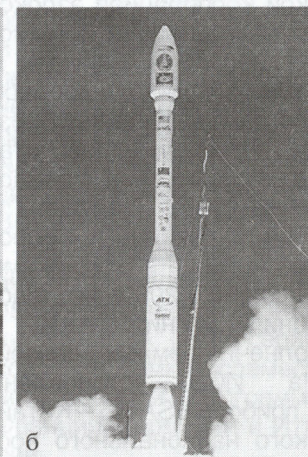
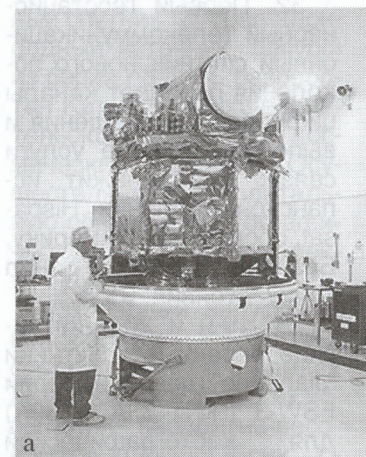
Американский научный спутник "Gravity Probe-B" (№ 14A) для выполнения экспериментов в области общей теории относительности. Рисунок NASA/MSFS.

пытывались элементы солнечных батарей и радиолобительская связь, измерялось магнитное поле Земли.

26. Радиолобительский микроспутник "Oscar-51" создан американской ком-

панией SpaceQuest Ltd. Осуществляет передачу аналоговой и цифровой информации, предоставляет услуги радиолобителям всего мира.

27. Научный КА "Aura" (США) вместе со спутника-



Спутник дистанционного зондирования Земли "RocSat-2" (Тайвань): а) подготовка космического аппарата к старту (фото NSPO); б) первый запуск нового варианта твердотопливной американской РН "Taurus" с космодрома Ванденберг (фото Дж. Блайвинс).

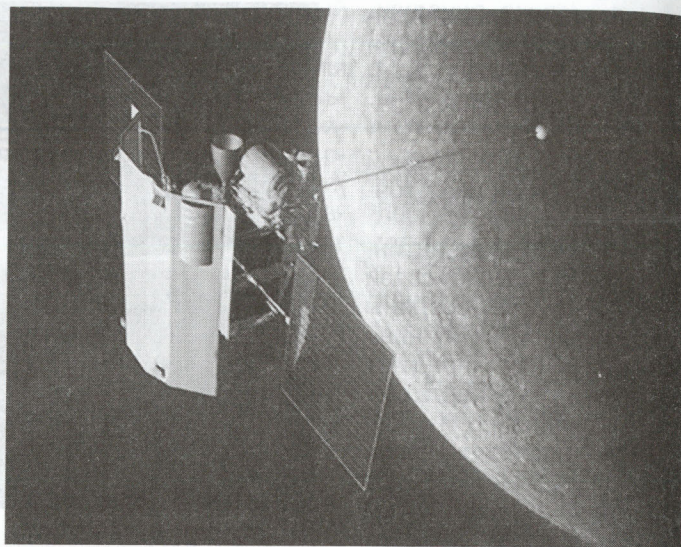
ми "Terra" (1999) и "Aqua" (2002) работает по программе NASA "Система наблюдения Земли" (EOS) в области климатологии — контроль за состоянием озонового слоя и загрязнения воздуха. На КА установлено четыре прибора (Земля и Вселенная, 2005, № 2).

28. 2-й канадский геостационарный спутник связи "Anik" обеспечивает передачу цифровых данных и вход в сеть Интернет в Северной Америке. Принадлежит канадской компании Telesat Canada. Переведен в точку 111.1°.

29. 92-й военный спутник серии "Парус" входит в космическую навигационно-связную систему "Циклон-Б". Определяет местоположение кораблей и подлодок российского ВМФ во всех районах Мирового океана.

30. Второй китайский высокоапогейный научный спутник "Tan Ce" (исследование) изготовлен Китайской корпорацией аэрокосмической науки и технологии (CAST). Запущен в рамках международной программы "Двойная звезда". Программа рассчитана на совместные с аналогичным КА (запущен в 2004 г. — № 61А) и 4 европейских спутниками "Cluster-2" (2000) исследования магнитосферы и солнечно-земных связей. На ИСЗ установлено 3 прибора ESA и 5 — Китайского национального космического агентства (CNSA; Земля и Вселенная, 2005, № 2).

31. Американская AMC "Messenger" ("Мессенджер",



Американская AMC "Messenger" (№ 30А) около Меркурия. По плану она выйдет на орбиту планеты в 2011 г. Рисунок NASA.

курьер) предназначена для исследования Меркурия. На борту установлено семь научных приборов. Станция должна в 2011 г. выйти на орбиту вокруг планеты (Земля и Вселенная, 2004, № 6; 2005, № 2).

32. Первый геостационарный телекоммуникационный спутник нового поколения передает каналы цифрового телевидения и выполняет другие услуги связи. Принадлежит испанской компании Hispasat, обслуживает Америку, Бразилию и Европу. Занял точку "стояния" 61° з.д.

33. 19-й и 20-й китайские военные спутники "Jian Bing" (дозор) из серии FSW-3 (№№ 33А и 39А) для картографической съемки и обзорной фотографической разведки. Капсулы с результатами наблюдений возвратились 24 сентября и 15 октября

(случайно упала на жилой дом в г. Пэнлай).

34. 4-й американский военный спутник-ретранслятор третьего поколения "NROL-1" серии SDS запущен в интересах спецслужб и Министерства обороны США. Занял место в группировке спутников системы "Nemesis" (Немезида).

35. 4-й израильский военный спутник предназначен для ведения оперативной высокоточной оптической и электронной разведки стран региона, обнаружения пусков ракет. Старт 7-го спутника этой серии закончился аварией ракеты-носителя.

36. 10-й и 11-й китайские научно-экспериментальные спутники "Shi Jian" (практика) предназначены для исследования физических параметров космического пространства, радиационной обста-

новки, ее воздействия на бортовую аппаратуру.

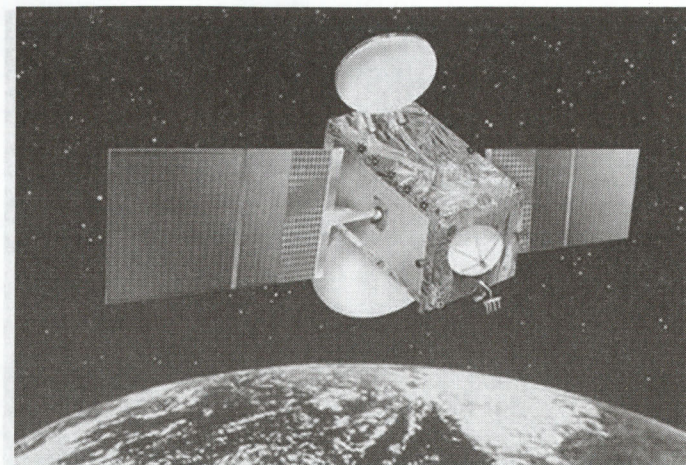
37. Индийский телекоммуникационный спутник непосредственного телевидения запущен в рамках национальной программы дистанционного образования. Выведен в точку "стояния" 74° в.д.

38. Военные спутники специальной связи (№№ 37А—В) низкоорбитальной системы "Стрела-3" запущены в интересах Министерства обороны РФ.

39. 19-й российский военный КА "Кобальт-1" высокоточного фотонаблюдения входит в космическую систему "Янтарь 4КС2" (118-й спутник типа "Янтарь" и 78-й данной серии). Запущен в интересах Министерства обороны РФ. Капсула с результатами наблюдений совершила посадку 9 января 2005 г.

40. Десятая основная экспедиция на МКС в составе командира Л. Чиао (США) и бортинженера С.Ш. Шарипова (РФ). С ними стартовал российский космонавт, бортинженер-2 Ю.Г. Шаргин, который работал на станции 11 сут по программе седьмой экспедиции посещения (ЭП-7). Экипаж МКС-10 после 193 сут возвратился на Землю 25 апреля 2005 г. на корабле "Союз ТМА-5" вместе с астронавтом ESA Р. Виттори (Италия), выполнившим полет по программе ЭП-8 (Земля и Вселенная, 2005, №№ 1, 3).

41. Первый оперативный метеорологический геостационарный спутник КНР "Feng Yun" (ветер и облако) создан в Шанхай-



Индийский телекоммуникационный спутник непосредственного телевидения "Edusat" (№ 36А) передает образовательные программы на территорию Индии. Рисунок ISRO.

ской академии космической техники. Собирает информацию для средне- и долгосрочного прогнозирования погоды, мониторинга природных бедствий и изучения экологической обстановки в Китае. Доставлен в точку 105° в.д.

42. 3-й китайский военный спутник "Zi Yuan" (природный источник, ресурс) из серии FSW-2С разработан Китайской исследовательской академией космических технологий. Осуществляет высокоточную обзорную фотографическую и оптико-электронную разведку.

43. Первый запуск новой российской РН "Союз-2" среднего класса в рамках летно-конструкторских испытаний. Габаритно-весовой макет ИСЗ "Облик" успешно совершил полет по суборбитальной траектории.

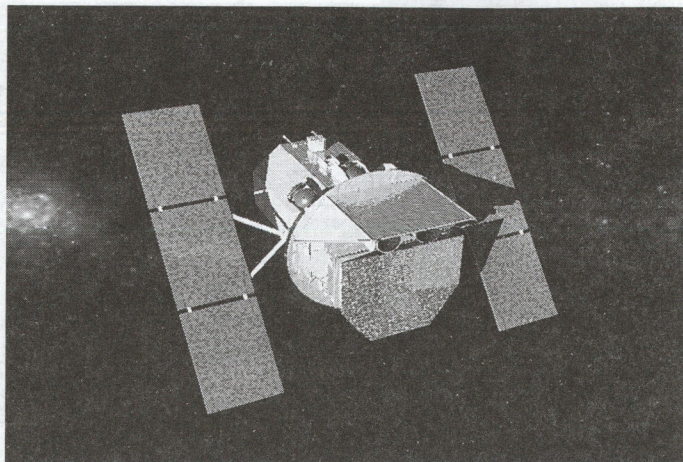
44. Китайский научно-экспериментальный спут-

ник "SW-2" для мониторинга природных ресурсов и стихийных бедствий, прогнозирования изменения окружающей среды.

45. Астрофизическая обсерватория "Swift" ("Свифт", США) входит в серию малых научных спутников "MIDEX". На ее борту установлены гамма- и рентгеновские телескопы для проведения обзора неба и спектроскопии галактик в рамках проекта NASA "Структура и эволюция Вселенной" (Земля и Вселенная, 2005, № 2).

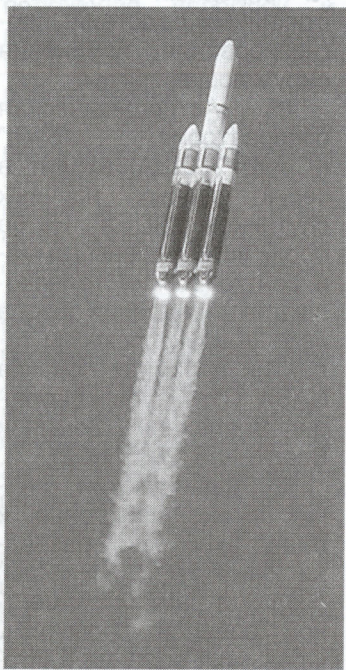
46. Французский спутник оптико-электронной и радиотехнической разведки "Helios-2A" (2-й в серии) создан в рамках совместной военной программы Франции, Германии и Италии.

47. Испанский экспериментальный наноспутник. С его помощью отрабатывались технологии для сокращения энергопотреб-



Астрофизическая обсерватория "Swift" (США), предназначенная для наблюдения эволюционных процессов в галактиках и звездообразования с помощью гамма- и рентгеновского телескопов. Рисунок NASA.

ления перспективных КА, проведения технологических экспериментов в военных и коммерческих целях, испытания оптической линии связи.



Старт новой американской ракеты-носителя "Delta-4H" тяжелого класса, с помощью которой выведен на орбиту демонстрационный макет спутника (№ 50A). Фото Boeing.

48. Экспериментальная система из четырех микро-спутников "Essaim" (рой) для ведения радиотехнической разведки в интересах Министерства обороны Франции.

49. Французский научный микро-спутник "Parasol" (поляризация и анизотропия отраженного солнечного света атмосферы в интересах науки, наблюдения с помощью лидара) предназначен для изучения климата в рамках программы наблюдения Земли. Входит в систему КА "Aqua", "Cloud-Sat" и "Calipso".

50. Демонстрационный макет спутника "Demosat" запущен в рамках летно-конструкторских испытаний новой американской РН "Delta-4H". Проверялась методика выведения на геостационарную орбиту.

51. Два технологических спутника "3CS" для регистрации характеристик полета на орбите не вышли на орбиту и сгорели в атмосфере из-за неправильной работы первой ступени ракеты-носителя.

52. Спутник дистанционного зондирования Зем-

ли "Сич-1М" (Украина) применяется в целях мониторинга ресурсов, картографирования, экологии, геологии и океанографии. Создан на базе российских КА "Океан-О1". Из-за аварии при запуске работа на орбите сокращена до 1 года.

53. Первый экспериментальный украинский микро-спутник "Микрон" предназначен для изучения влияния физических условий полета на конструкцию, наблюдений с помощью миниатюрной телекамеры в реальном масштабе времени и решения отдельных задач дистанционного зондирования Земли.

54. Военные навигационные спутники – 2 стандартных и 1 второго поколения (№№ 53A–C) – входят в российскую глобальную спутниковую систему "ГЛОНАСС", состоящую из 24 КА, обращающихся в трех орбитальных плоскостях. Система обеспечивает высокоточное определение местоположения объектов и их привязку к шкале единого времени.

По материалам NASA, ESA, EADS Astrium, CNES, CNSA, NASDA, ISRO, Роскосмос, РКК "Энергия", НПО ПМ, бюллетеня "COSPAR" и журналов "Spaceflight", "Flieger Revue" и "Новости космонавтики" за 2004–2005 гг.

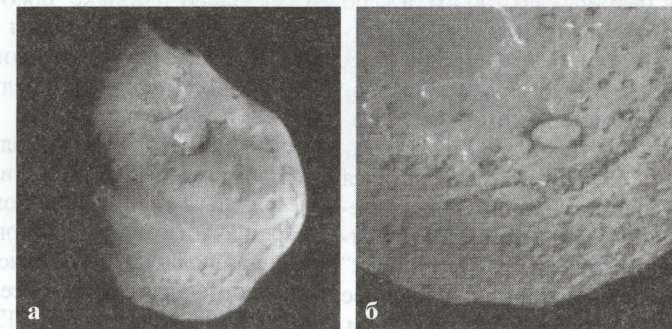
С.А. ГЕРАСЮТИН

Информация

Взрыв на комете увидели с Земли

4 мая, 23 июня и 2 июля 2005 г. АМС "Deep Impact" ("Дип Импакт") успешно выполнила коррекции траектории полета к комете Tempel 1 (Земля и Вселенная, 2005, № 3). Первые снимки ее ядра (длина 4 км, ширина 14 км) получены станцией 29–31 мая с помощью камеры среднего разрешения, когда до кометы оставалось около 30 млн. км. 14 июня с расстояния 120 млн. км комету сфотографировал КТХ.

Главное событие миссии произошло **4 июля 2005 г.** За 172 сут АМС пролетела 431 млн. км. В этот день "Deep Impact" встретился с кометой и провел исследования. 3 июля в 1 ч 52 мин на ядро Tempel 1 направился посадочный отсек-снаряд "Impactor" ("Импактор") длиной 1 м и весом 370 кг, отделившийся от АМС. Корпус "Impactor" изготовлен из медных щитов, защищавших его навигационную аппаратуру и помогавших в определении химического анализа состава ядра кометы. На его борту находился компакт-диск, содержащий 625 тыс. имен. За 90, 35 и 12,5 мин до столкновения "Impactor", совершая маневры, вел астронавигационную съемку для исправления курса полета. В 5 ч 52 мин снаряд врезался со скоростью 37 тыс. км/ч под углом 25° в ядро кометы, вызвав две вспышки света и выброс очень мелкой пыли со скоростью 1800 км/ч на



Ядро кометы Tempel 1. Снимки получены посадочным отсеком-снарядом "Impactor" (США) до его падения на комету: а) с расстояния 3 тыс. км от ее поверхности; б) с расстояния около 900 км от ядра за 90 с до столкновения. 4 июля 2005 г. Фото JPL/NASA.



Взрыв на комете Tempel 1, произошедший 4 июля 2005 г. при столкновении с отсеком-снарядом "Impactor". Фото JPL/NASA.

расстояние нескольких тысяч километров. Мощность взрыва оценивается в 4,5 тротилового эквивалента, температура – тысячи кельвинов. Газопылевое облако (кома) кометы увеличилось в размерах до 200 км, в ядре образовался кратер диаметром около 100 м и глубиной 25 м. В этот момент расстояние между кометой и Землей составило 133,6 млн. км.

Эксперимент завершился успешно. Два прибора (**телескоп и инфракрасный спектрометр**) АМС “Deer Impact” фиксировали происходящее с расстояния 8 тыс. км. Взрыв, разлетающиеся осколки вещества и стенки кратера, образовавшегося в ядре, исследовались с помощью приборов станции, которая в момент удара пролетела на расстоянии 500 км от ядра ко-

меты. “Deer Impact” в течение 4 ч вел фотосъемку столкновения и последствий взрыва на комете. Последний снимок с разрешением до 4 м получен с высоты 30 км за 3 с до взрыва. Выяснилось, что в газопылевом облаке преобладают твердые частицы – производные углерода, много нелетучих и неплавких соединений, а также пары воды.

Жители Западного полушария планеты могли увидеть вспышку в момент бомбардировки кометы. За взрывом наблюдали все космические астрофизические обсерватории, в том числе KTX, “Chandra”, “Spitzer”, “Swift” (NASA) и “XMM-Newton” (ESA), более 30 мощных наземных телескопов. Получены спектры и 4,5 тыс. фотографий, KTX передавал изображения в течение часа

после столкновения. Но самый лучший наблюдательный пункт оказался у европейской АМС “Rosetta” (“Розетта”), направляющейся к комете Чурюмова-Герасименко. Станция следила за кометой Tempel 1 с 29 июня до 14 июля на протяжении трех полных оборотов ее ядра вокруг собственной оси, а в момент взрыва она находилась на расстоянии около 80 млн. км от нее. С помощью АМС “Rosetta” определены химический состав и температура газа, анализировались вылетающие из ядра пыль и газ, получены снимки ядра кометы и трехмерное изображение комы.

*Пресс-релизы NASA и JPL,
5 мая, 20 июня, 4 и 10 июля
2005 г.*

Полет КА “Фотон-М2”

С 31 мая по 16 июня 2005 г. состоялся полет международной лаборатории микрогравитации – российского технологического спутника “Фотон-М2”. Он стартовал 31 мая в 16 ч 00 мин по московскому времени с космодрома Байконур с помощью РН “Союз-У”. “Фотон-М2” вышел на орбиту со следующими параметрами: апогей – 303 км, перигей – 262 км, наклонение – 89,90°, период обращения – 89,93 мин. Спускаемый аппарат совершил посадку 16 июня в 11 ч 36 мин в 140 км юго-восточнее г. Кустаная (Казахстан). В ходе полета в условиях пониженной гравитации (менее 10^{-5} g) вы-

полнено **40 экспериментов** по заказу Европейского космического агентства и **20 – по российской программе** в области космической технологии и биологии, материаловедения, метеоритики, производства материалов и биологических препаратов в интересах различных отраслей промышленности и науки.

Стартовая масса “Фотон-М2” – 6535 кг, масса спускаемого аппарата – 2515 кг (в том числе научной аппаратуры – 850 кг). Это 14-й запуск КА серий “Фотон” и “Фотон-М” (предыдущий, 15 октября 2002 г., закончился аварией; Земля и Вселенная, 2003, № 6), разработанных ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс” (г. Самара). Эксперименты подготовлены учеными ряда рос-

сийских промышленных и научно-исследовательских организаций, 14 европейских стран и Канады. С полета КА “Фотон-5” в 1989 г. началось сотрудничество со специалистами ESA, продолжившееся в подготовке научной программы “Фотон-М2”.

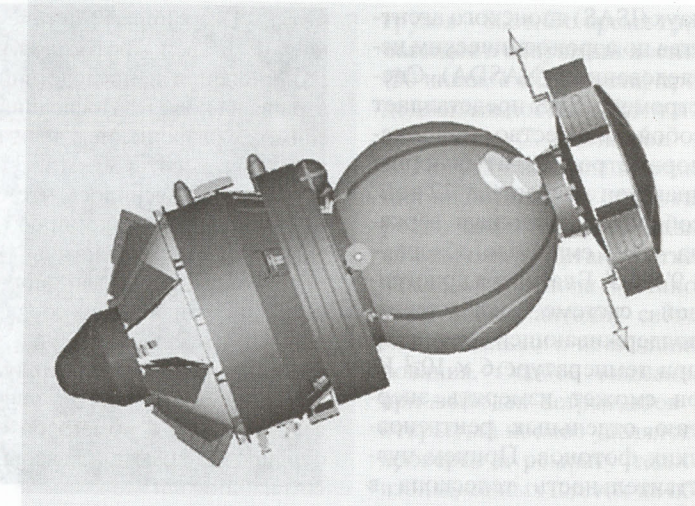
На борту КА работала **отечественная научная аппаратура**. На установке “Полизон-М” выполнены эксперименты в области материаловедения. Датчики “Мираж-М” измеряли характеристики электромагнитных полей внутри спускаемого аппарата. В биоконтейнере “Биоконт-АТ” изучалось влияние микрогравитации и радиации на микроорганизмы – продуценты биологически активных веществ.

“Виброкон” регистрировал процессы тепломассопереноса в условиях микрогравитации. На установке “Чистота” определены параметры внешней атмосферы и распределения зарядов по поверхности спутника. В контейнерах “ББ1-М” (“Плазмида”, “Рецептор”, “Улитка” и “Регенерация”) проводились эксперименты в области гравитационной и космической биологии.

Кроме того, на “Фотон-М2” размещались **приборы ESA**. Электропечь “Agat” применялась в экспериментах по космическому материаловедению. На установках “FluidPac”, “Bioran” и “TPS-Keramik” исследовались физика жидкости, различные биологические образцы в открытом космосе и новые элементы теплозащиты во время прохождения СА плотных слоев атмосферы. Приборы “Aquacells”, “Photo-2” и “Biofilter” фиксировали влияние факторов космического полета на одноклеточные микроорганизмы, процессы фотосинтеза и жизнедеятельности бактерий, используемых для очистки

На орбите “Astro-E2”

10 июля 2005 г. в 3 ч 30 мин по Гринвичу на японском космодроме Утиноура стартовала РН “М-5” с космической рентгеновской обсерваторией “Astro-E2” (Япония). После выхода на заданную орбиту с параметрами 560×247 км, наклонением $31,4^\circ$ и периодом обращения 92,7 мин спутнику (седьмая



Российский технологический КА “Фотон-М2”. Рисунок ГНПРКЦ “ЦСКБ-Прогресс”.

воды. “Stone” исследовал изменения в образцах пород, происходящих при торможении в плотных слоях атмосферы Земли, – моделирование движения метеоритов. Проведены эксперименты по космической биологии – “SaySoy” и “Биокон”.

Программа полета успешно выполнена. Основная часть научных результатов будет получена после изучения образцов микроорганизмов, гекконов, улиток, скорпионов. Биологические эксперименты подготовлены в

Институте медико-биологических проблем РАН. Сделан новый шаг к пониманию явлений и эффектов, которые помогут совершенствовать технологии и выяснить, как протекают биологические процессы.

*По материалам Роскосмоса,
ESA, ЦУП, ИМБП РАН*

японская астрофизическая обсерватория) было присвоено официальное название “Suzaku” (алый). Это второй ИСЗ данного типа (или пятый серии “Astro”), созданный по японско-американскому проекту. Запуск предыдущего, в феврале 2000 г., закончился аварией (Земля и Вселенная, 2002, № 3). Обсерватория диаметром 2 м, длиной 6,5 м, шириной 5,4 м (панели солнечных батарей

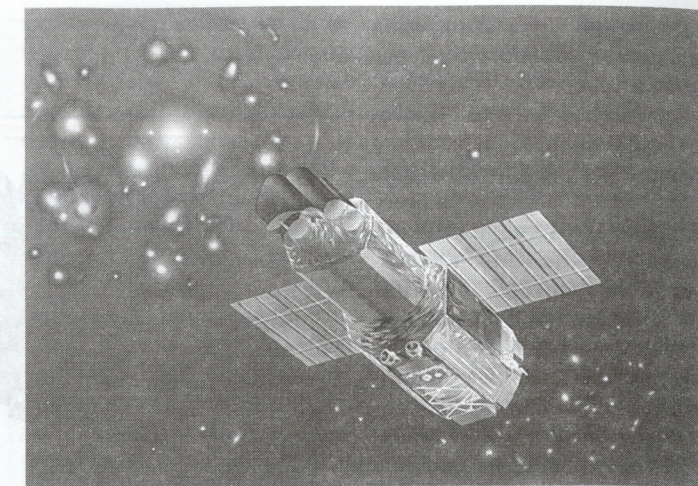
вырабатывают 500 Вт электроэнергии) и массой 1433 кг оснащена пятью телескопами. Астрономические наблюдения начались в середине августа и продлятся в течение 5 лет.

Рентгеновский спектрометр высокого разрешения XRS (X-ray Spectrometer) разработан специалистами Космического центра им.Р. Годдарда (NASA) и Института аэронавтики и космических

наук (ISAS) японского агентства по аэрокосмическим исследованиям (NASDA). Спектрометр XRS представляет собой множество микрокалориметров, охватывающих диапазон энергии 0.5–12 кэВ, собирающая площадь зеркала – 190 см², поле обзора – 1.9° × 4.2'. Благодаря криогенной системе охлаждения, поддерживающей детектор при температуре 6×10^{-2} К, он сможет измерять энергию отдельных рентгеновских фотонов. Причем чувствительность телескопа в 10 раз лучше существующих, так как температура источника излучения определяется с точностью до десятичных долей градуса. Работающие в мягком рентгене пять детекторов системы XRT (X-ray Telescopes) с полем зрения 1' состоят из пяти зеркал диаметром 0.4 м (фокусное расстояние 4.5 м) и пяти фокальных датчиков плоскости. XRT разработан в ISAS. Спектрометр отображения XIS (X-ray Imaging Spectroscopy) создан в университетах Киото, Нагои и Осаки, состоит из четырех рентгеновских CCD-камер (Charge Coupled Device), собирающая площадь зеркала – 1300 см², фокусное расстояние – 4.75 м, поле обзора – 19° × 19'. XIS

Возобновление полетов кораблей “Спейс Шаттл”

26 июля 2005 г. в 14 ч 39 мин по Гринвичу с космодрома Канаверал стартовал КК “Дискавери” по программе STS-114. На борту находился экипаж из 7 астронавтов



регистрирует источники излучения в диапазоне энергии 0.4–10 кэВ. Спектрометр жесткого рентгена HXD (Hard X-ray Detector) – 16 счетчиков в четырех модулях со вложенными кремниевыми датчиками – создали ученые Университета Токио и ISAS. С его помощью можно наблюдать объекты в диапазоне 10–700 кэВ, собирающая площадь зеркала – 350 см², поле обзора – 0.8°, эффективная область каждого модуля – 160 см² (<30 кэВ) и 330 см² (>40 кэВ). Три прибора – XRS, XIS и HXD – работают вместе, причем XRS получает первичные спектры.

В научную программу включены исследования сверхмассивных черных дыр, ней-

(см. фото на стр. 3 обложки). Командир корабля – полковник ВВС США Эйлин Коллинз. С 1990 г. она в отряде астронавтов и за это время совершила три космических полета общей продолжительностью 22 сут 10 ч 38 мин. Э. Коллинз была пилотом

Японская космическая рентгеновская обсерватория “Astro-E2”. Рисунок ISAS.

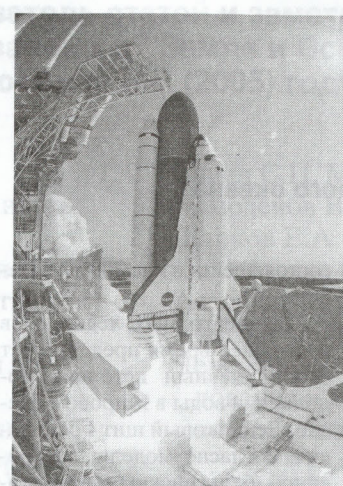
тронных звезд и остатков взрывов сверхновых. Возможно, будут найдены ответы на вопросы о том, когда и где образовались многие химические элементы, как происходит влияние скоплений галактик и падение материи на черную дыру. Обсерватория дополнит наблюдения, проводимые на космических рентгеновских обсерваториях “Chandra” (США) и “XMM-Newton” (ЕСА).

Пресс-релиз ISAS,
10 июля 2005 г.

кораблей “Дискавери” и “Атлантис”, командиром корабля “Колумбия”. Она замужем, у нее есть дочь. Э. Коллинз увлекается гольфом, путешествиями и фотографированием. Кроме нее в космос отправились пилот Джеймс Келли, а также спе-

циалисты по операциям на орбите Венди Лоренс, Стивен Робинсон, Эндрю Томас, Чарльз Камарда и Соичи Ногути (Япония). Первый полет выполнили Ч. Камарда и С. Ногути.

Это 114-я экспедиция кораблей “Спейс Шаттл” и первый испытательный полет после катастрофы КК “Колумбия” 1 февраля 2003 г. (Земля и Вселенная, 2003, № 2; 2004, № 1). Модернизация кораблей “Спейс Шаттл” проводилась в течение двух с половиной лет. На эти работы NASA потратило около 1 млрд. долларов. По различным причинам запуск “Дискавери” откладывали несколько раз. За стартом наблюдали 100 тыс. зрителей. Начальный этап полета записывали 107 специальных технических телекамер на космодроме и двух самолетах, а также видеокамера, закрепленная на внешнем топливном баке корабля. “Дискавери” вышел на околоземную круговую орбиту высотой 356 км, наклонением 51.64° и периодом обращения 91.65 мин. Так как вскоре после старта от внешнего топливного бака отвалился кусок пенопластовой изоляции, то астронавтам пришлось обследовать обшивку корабля. 27 июля в течение 7 ч проверялась целостность его теплозащитного покрытия с помощью видеокамеры, прикрепленной к



Старт космического корабля “Дискавери” с космодрома Канаверал 26 июля 2005 г. Фото NASA.

15-м манипулятору, снабженному телескопическим удлинителем. Осмотр “Дискавери” проводился и с борта МКС. В результате было обнаружено несколько сколов теплозащитной плитки на днище корабля.

Стыковка с МКС прошла 28 июля в 11 ч 18 мин по Гринвичу. На орбиту доставлен итальянский возвращаемый грузовой модуль “Рафаэлло” (первый полет – в апреле 2001 г.), в котором находились расходуемые материалы, оборудование и четыре новых американских скафандра “EMU” (два из них остались на МКС). Общая масса доставленных на станцию

грузов – 8.2 т. Во время трех выходов в открытый космос (30 июля, 1 и 3 августа) продолжительностью 19.5 ч астронавты С. Робинсон и С. Ногути заменили на станции вышедший из строя гиридин системы ориентации, восстановили питание отказавшего гироскопа и установили новую антенну системы глобального позиционирования. Особое внимание при выходах астронавтов в открытый космос уделялось проверке и ремонту теплоизоляционных плиток на обшивке корабля, а также опробовались новые технологии, повышающие безопасность полетов. Успешное выполнение этой работы сделало возможным безопасное возвращение “Дискавери” на Землю.

Расстыковка “Дискавери” с МКС проведена 6 августа в 4 ч 36 мин по Гринвичу, после чего корабль выполнил облет станции. Из-за неблагоприятных погодных условий на мысе Канаверал посадка неоднократно откладывалась. Экипажу разрешили приземлиться на авиабазе Эдвардс (штат Калифорния). “Дискавери” благополучно приземлился 9 августа в 12 ч 11 мин 22 с по Гринвичу, длительность 31-го полета корабля составила 13 сут 21 ч 33 мин.

Пресс-релизы NASA и ЦУП,
июль–август 2005 г.

Повышение уровня Мирового океана

Ученые Университета штата Колорадо (США) установили, что повышение уровня воды в океане за счет таяния ледников Аляски происходило в последние 10 лет почти вдвое быстрее, чем в предыдущие 40 лет: 0.27 мм/год, тогда как прежде — всего 0.14 мм/год. Об этом они доложили на Первой конференции по международной программе “Климат и криосфера”,

состоявшейся в мае 2005 г. в Пекине.

Таяние горных ледников в настоящее время представляет собой главный источник пополнения воды в Мировом океане. Ледниковый щит Гренландии, согласно модели, построенной бельгийским математиком Ф. Хайбретом, пока еще не вносит существенного вклада в глобальный подъем уровня

океана. Но в будущем его скорость усилится, и на протяжении наступившего тысячелетия Гренландский ледяной покров практически перестанет существовать. Повышение уровня моря составит при этом не менее 7 м.

М.Д. АНАНИЧЕВА

Новая находка в Сахаре

В начале 2005 г. в Западной пустыне Египта, на территории Национального парка Вади Хитан, или Долина Китов, к юго-западу от Каира палеонтологическая экспедиция из США обнаружила необычно крупный ископаемый скелет кита. Парк Вади Хитан находится под защитой ЮНЕСКО как Центр Всемирного Наследия, поскольку начиная с 1905 г. там находили останки китов, а также мор-

ской коровы, крокодилов, черепахи, морской змеи, акул и рыб. Теперь впервые обнаружен почти полностью сохранившийся скелет длиной 18 м. Кит, обитавший в океане около 40 млн. лет назад, отнесен специалистами к виду, находившемуся у истоков эволюции китообразных, которые развились из земных млекопитающих или рептилий. У этих животных было необычно длинное змеевидное тело, и

они плавали в воде, как и современные киты.

Подтвержден факт существования океана на месте теперешней Сахары. А находка в пустыне, позволяющая решить загадку эволюции морских животных, отправляется в биологический музей штата Мичиган (США). После изготовления дубликата скелета оригинал возвратится в Египет.

сопал вызван чрезвычайной силой смерчем, образовавшимся на границе теплой и холодной воздушных масс. Аномальным лишь признан район возникновения смерча. Никогда прежде в нем подобное явление не фиксировалось.

Информации подготовил
В.А. МАРКИН

Станный лесоповал

6 июля 2005 г. в тайге, в 40 км восточнее г. Вяземский Хабаровского края, на площади от 2 до 5 км² обнаружено массовое падение деревьев. Они были вырваны с корнем на вершине сопки, а на склоне повалены и скручены по кругу, в направлении против часовой стрелки. Оперативная группа Дальневосточного регионального центра

Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий РФ (МЧС), включавшая геофизиков, экологов и метеорологов, обследовала район, взяла пробы воздуха, грунта и древесины. Ничего необычного не было найдено. Специалисты пришли к заключению, что ле-

Указатель статей и заметок, опубликованных в “Земле и Вселенной” в юбилейном (2005) году

Поздравления журналу	1, 2	Савин С.П. Магнитный щит Земли	4
Анфимов Н.А. Космическая наука: исследования ЦНИИмаш	2	Измоленов В.В. Граница гелиосферы	4
Галимов Э.М. Происхождение Луны. Российская концепция против американской	6	Шарков Е.А. Тропические циклоны: взгляд из космоса	4
Кардашев Н.С. Космическая радиоастрономия	3	Астафьева Н.М. 46 мегаголетий жизни планеты	4
Кораблев О.И. Европа осваивает Марс (“Марс Экспресс”: первые результаты)	1	Черепашук А.М. Космические исследования и проблема черных дыр во Вселенной	4
Курт В.Г. Космический телескоп им. Э. Хаббла — 15 лет работы	6	ЭКОЛОГИЯ	
Перминов А.Н. Состояние и перспективы космической деятельности России	2	Косарев А.Н., Костяной А.Г. Феномен Кара-Богаз-Гола	1
Поляк Б.Г., Кононов В.И., Хуторской М.Д. Глубинное тепло Земли	5	МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО	
Попов С.Б. Гигантские гамма-всплески и магнитары	6	Перов С.П. Новое о тропической атмосфере	1
Родионова Ж.Ф., Илюхина Ю.А. Новая карта рельефа Марса	2	ЗАРУБЕЖНАЯ КОСМОНАВТИКА	
Рябчикова Т.А., Сачков М.Е., Кочухов О.П. Астросейсмология	6	Герасютин С.А. Полеты межпланетных станций и научных спутников	2
Сильченко О.К. Эволюция центральных областей галактик	1	ЛЮДИ НАУКИ	
Сомов Б.В. Физика солнечных вспышек	2	Бартенев В.А. Михаил Федорович Решетнев (к 80-летию со дня рождения)	1
Угольников О.С. Поляризация сумеречного неба	5	Бронштэн В.А. Николай Иванович Гришин (к 80-летию со дня рождения)	5
Удинцев Г.Б. Лик океанической Земли	3	Юрий Павлович Семенов (к 70-летию со дня рождения)	5
Уральская В.С. Новое о спутниковой системе Сатурна	5	Тихомирова И.С. Андрей Ипполитович и Борис Андреевич Вилькицкие	5
Уфимцев Г.Ф. Гималаи глазами геолога	2	Памяти Михаила Сергеевича Яров-Ярового	3
К 40-ЛЕТИЮ ИНСТИТУТА КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ		Памяти Феликса Александровича Цицина	3
Зайцев Ю.И. Центр российской космической науки	4	Памяти Владимира Петровича Сенкевича	6
Матвеев Л.И. РСБД — суперразрешение	4		

СИМПОЗИУМЫ, КОНФЕРЕНЦИИ, СЪЕЗДЫ

- Всероссийская астрономическая конференция “Горизонты Вселенной” 3
- Вибе Д.З. Симпозиум № 3 “Образование и эволюция звезд” 3
- Еремеева А.И., Цицин Ф.А. Симпозиум № 8 “История астрономии и астрономическое образование” 3
- Ильясов Ю.П. Симпозиум № 1 “Телескопы будущего и виртуальные обсерватории” 3
- Куимов К.В. Симпозиум № 7 “Астрометрия и небесная механика” 3
- Обридко В.Н. Симпозиум № 2 “Солнце. Наша и другие планетные системы. Поиски жизни и внеземных цивилизаций” 3
- Маркин В.А. Одна Земля – множество миров 2

ФИЛОСОФСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

- Урсул А.Д., Урсул Т.А. Социоприродное развитие в Универсальной истории 1

АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

- Левитан Е.П. Школьная астрономия: концепция нового подхода 1
- Левитан Е.П. Элективный курс по астропизике “Физика Вселенной” (для школ физико-математического профиля) 6

ИСТОРИЯ НАУКИ

- Довгань В.Г. Дистанционное управление луноходами и планетоходами 2
- Земцов А.Н., Маркин В.А. Вулканы континентальной Азии (Открытие, сделанное 140 лет назад П.А. Кропоткиным) 1
- Пец Л.А., Симонов А.И., Храбров В.А. Как создавали первые ЭРД 6

- Смирнов В.А. У истоков любительской астрономии в Одессе 5
- Старовойт О.Е. Сейсмические наблюдения в России 2
- Чернин А.Д. Всемирный год физики: триумф Эйнштейна 6

ПЛАНЕТАРИИ

- Левитан Е.П. Московскому планетарию – 75 лет 2

НОВОСТИ КОСМОНАВТИКИ

- Новое о работе космических обсерваторий 3

ГИПОТЕЗЫ, ДИСКУССИИ, ПРЕДЛОЖЕНИЯ

- Малов И.Ф., Фролов В.А. Спектр космического излучения и размеры живых организмов 3
- Портнов А.М. Источник энергетики будущего – вулканы 5
- Родников А.Г., Силкин Б.И. Вулканизм мантийных плюмов 5
- Рудницкий Г.М. Планетные системы красных гигантов 4
- Шевченко В.В. XXI век: проблема внеземных природных ресурсов 2
- Энеев Т.М., Ефимов Г.Б. Миграция малых тел в Солнечной системе 1

ЛЮБИТЕЛЬСКАЯ АСТРОНОМИЯ

- Белоусов В.В. Фотографические наблюдения покрытий звезд астероидами 3
- Денисенко Д.В. Покрытия звезд астероидами в марте–декабре 2005 года 1
- Киселев С.В. Обсерватория на дачном участке 4
- Небесный календарь: март–апрель 2005 г. 1
- Небесный календарь: май–июнь 2005 г. 2

- Небесный календарь: июль–август 2005 г. 3
- Небесный календарь: сентябрь–октябрь 2005 г. 4
- Небесный календарь: ноябрь–декабрь 2005 г. 5
- Небесный календарь: январь–февраль 2006 г. 6

ЛЮБИТЕЛЬСКОЕ ТЕЛЕСКОПОСТРОЕНИЕ

- Бекашев Р.Х. Любительский 350-мм рефлектор системы Кассегрена 1

ПОГОДА ЗЕМЛИ

- Паршина Л.Н. Весна среди зимы 3
- Паршина Л.Н., Бурцева Т.Н. Россия-2004: калейдоскоп погоды 5

ХРОНИКА СЕЙСМИЧНОСТИ ЗЕМЛИ

- Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. Год, завершившийся катастрофой века 3
- Старовойт О.Е., Чепкунас Л.С., Габсатарова И.П. От Суматры – до Северной Земли 6

КНИГИ О ЗЕМЛЕ И НЕБЕ

- Боярчук А.А., Алферов А.В. Воспоминания о Г.Н. Бабакине 5
- Гиндилис Л.М. Вглубь Вселенной... в поисках Разума 3
- Маркин В.А. Новый взгляд на оледенение Земли 3
- Сажин М.В., Хованская О.С. Вселенная и теория суперструн 6
- Тишков А.А. Основы устойчивости жизни 6

ДОСЬЕ ЛЮБОЗНАТЕЛЬНЫХ

- Астров С.А. Запуски космических обсерваторий (1966–2004) 3
- Герасютин С.А. Таблица запусков космических аппаратов в 2004 г. 6

- Рудницкий Г.М. Внесолнечные планетные системы 4–6

НОВЫЕ КНИГИ

- Указатель статей и заметок об исследовании небесных тел Солнечной системы с помощью АМС, опубликованных в журнале “Земля и Вселенная” в 1965–2004 гг. 3
- Указатель статей и заметок, опубликованных в журнале “Земля и Вселенная” в юбилейном (2005) году 6

НОВОСТИ НАУКИ И ДРУГАЯ ИНФОРМАЦИЯ

- Астрономия**
- Астрономический форум в Москве 6
- Атмосфера Энцелада 4
- Десятая планета? 5
- Еще шаг к универсальной теории гравитации 1
- Компьютерная алгебра и задача трех тел 2
- Любитель астрономии открыл новую туманность 1
- Метаморфозы углеродной звезды 2
- Наблюдения болидов с ИСЗ 2
- Наблюдения атмосферы и поверхности Титана 4
- Найден источник гравитационных волн? 5
- Новая фотография экзопланеты 5
- Новое представление о звездной колыбели 1
- Новые открытия “Кассини” 1
- Открыто излучение “темной материи”? 1
- Первая фотография экзопланеты 3
- Первый тройной астероид 6
- Планетоид или планета? 6
- Солнце в августе–сентябре 2004 г. 1
- Солнце в октябре–ноябре 2004 г. 2
- Солнце в декабре 2004 г. – январе 2005 г. 3
- Солнце в феврале–марте 2005 г. 4

- Солнце в апреле–мае 2005 г. 5
Солнце в июне–июле 2005 г. 6
Столкновение двух скоплений галактик 6
Тоутатис пролетел около Земли 1
Туманность Тарантул 3
Тройное затмение 2
Удивительный снимок редчайшего явления 2
Цифровое инфракрасное изображение Солнца 6

Космонавтика

- Взрыв на комете увидели с Земли 6
Возобновление полетов кораблей “Спейс Шаттл” 6
Год путешествий на Марсе 3
Десятая экспедиция на МКС 1
Европейскому космическому агентству – 30 лет 6
Запуск АМС “Дип Импакт” 3
“Кассини” продолжает исследовать систему Сатурна 5
Коррекция орбиты МКС 2
Космолет “Спейсшип-1” 2
Наблюдение урагана с борта МКС 1
На орбите – спутник “Университетский” 5
На орбите – “Astro-E2” 6
NASA уточняет план освоения Марса 5
Новое о работе марсоходов 1
Новый старт к Марсу 6
Марсианские станции делают открытия 5
- Одиннадцатая экспедиция на МКС 4
Полет “Смарт-1” к Луне 1
Полет КА “Фотон-М2” 6
Посадка “Гюйгенса” на Титан 3
Проект европейской марсианской станции 5
Проект российского пилотируемого корабля 2
Старт “Союза-2” 2
Частицы солнечного ветра на Земле 2
Юбилей космодрома Байконур 5

Науки о Земле

- Август-2005: наводнения в Европе 6
Новая находка в Сахаре 6
“Голос” подводного землетрясения 6
Динозавры Антарктиды 2
Исследование Земли из космоса 2
Катастрофическое землетрясение 2
Крупнейшая катастрофа XVIII века (к 250-летию Лиссабонского землетрясения) 5
Новый геологический период – эдиакар 3
Повышение уровня Мирового океана 6
Рекордно теплая осень в Москве 6
“Рита” – тайфун высшей категории 6
Самое сильное землетрясение за 100 лет 6
Станный лесоповал 6
Течением управляет климат 2
Ураган “Катрина” 6

Ф.СП-1	АБОНЕМЕНТ											
	на газету журнал										70336 (индекс издания)	
	Земля и Вселенная										Количество комплектов	
	(наименование издания)											
	на ____ год по месяцам:											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Куда						(почтовый индекс)					
	(адрес)											
	Кому											
(фамилия, инициалы)												
ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА												
на газету журнал										70336 (индекс издания)		
ПВ место литер												
Земля и Вселенная												
(наименование издания)												
Стоимость	подписки переадресовки	____ руб. ____ коп.				Количество комплектов						
на ____ год по месяцам:												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Куда						(почтовый индекс)						
(адрес)												
Кому												
(фамилия, инициалы)												

**С Новым
2006
годом!**

Дорогие читатели!

Напоминаем, что подписаться на журнал "Земля и Вселенная" вы можете с любого номера по Объединенному каталогу "Пресса России" (1 полугодие 2006 г.) во всех отделениях связи. Подписной индекс – 70336.

Заведующая редакцией Г.В. Матрсова
Зав. отделом астрономии Г.Н. Яшина
Зав. отделом наук о Земле В.А. Маркин
Зав. отделом космонавтики С.А. Герасютин

Художественные редакторы О.Н. Никитина, М.С. Вьюшина
Литературный редактор О.Н. Фролова
Оператор ПК Н.Н. Токарева
Корректор Г.В. Печникова
Обложку оформила О.Н. Никитина

Сдано в набор 06.09.2005. Подписано в печать 02.11.2005. Формат бумаги 70×100^{1/16}
Офсетная печать Уч.-изд. л. 12.2. Усл.печ. л. 9.1. Усл.кр.-отт. 6.8 тыс. Бум. л. 3.5
Тираж 731 экз. Заказ № 705

Учредители: Российская академия наук, Президиум
Адрес издателя: 117997 Москва, Профсоюзная ул., 90
Адрес редакции: 119991 Москва, Маро́новский пер., 26
Телефоны: (факс) 238-42-32, 238-29-66
E-mail: zevs@naukaran.ru
Web-страница журнала: <http://ziv.telescopes.ru>
Оригинал-макет подготовлен МАИК "Наука/Интерпериодика"
Отпечатано в ППП "Типография Наука"
121099 Москва, Шубинский пер., 6



